

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СПбГУ)

Институт Наук о Земле
Кафедра осадочной геологии

Багдасарян Татьяна Эдвардовна

**Морфология и генезис деформационных текстур в поздне-последних
отложениях юго-восточного Приладожья.**

Выпускная бакалаврская работа
по направлению 020700 «Геология»

Научный руководитель:
к.г.-м.н., доц. М.В. Шитов

«__»_____ 2017 г.

Заведующий кафедрой:
д.г.-м.н., проф. С.Б. Шишлов

«__»_____ 2017 г.

Санкт-Петербург
2017

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Исторический обзор изучения деформационных текстур в рыхлых отложениях.	7
Глава 2. Опорные разрезы поздне- и послеледниковых отложений с деформационными текстурами	11
2.1. Описание разреза на правом берегу р. Свирь напротив о. Конев.....	12
2.2. Описание разреза на левом берегу р. Свирь в урочище «Кирпичный завод»	25
2.3. Описание разреза на левом берегу р. Оять у деревни Чегла.....	33
Глава 3. Описание морфологии деформационных текстур в соответствии с классификацией	38
3.1. Пластические интрузии, водоотводные выступы, песчаные вулканы	38
3.2. Связные и несвязные псевдонодули и «капли с хвостом»	40
3.3. Рулонные псевдонодули	43
3.4. Кластические (нептунические) дайки.....	45
3.5. Микросбросы и микровзбросы.....	46
3.6. Следы дробления осадка (автокластические брекчии)	47
3.7. Гомогениты	48
Глава 4. Установление связи образования деформационных текстур с палеорельефом.	49
Глава 5. Критерии выделения деформационных текстур как сейсмита (сейсмита против «криогенитов»).	52
5.1. Критерии выделения деформационных текстур как сейсмита	52
5.1.1. Стратиграфическая приуроченность деформационных текстур.	52
5.1.2. Распространенность в различных породах одного и того же стратиграфического уровня.....	54
5.1.3. Распространенность на значительных территориях при сохранении определенной стратиграфической приуроченности	54

5.1.4. Пространственная и временная взаимосвязь различных форм подводно-оползневых явлений с нептуническими дайками, следами обвалов, перераспределения и дробления осадка	55
5.2. Участие криогенных процессов в образовании деформационных текстур	55
Глава 6. Механизм образования деформационных текстур	58
Глава 7. Параметры сейсмического события	60
Глава 8. Заключение	64
Список литературы	65

Введение

Настоящая работа основана на материалах, полученных автором в ходе научно-исследовательской практики по четвертичной геологии Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета в полевых сезонах 2014–2016 гг. на территории юго-восточного Приладожья. Объектом исследований автора являются разрезы поздне- и послеледниковых отложений с деформационными текстурами, расположенные в береговых обнажениях нижнего течения рек Свирь и Оять. Предметом исследования являются классификация, систематика и определение генезиса деформаций в рыхлых неконсолидированных осадках.

Актуальность работы обусловлена тем, что в настоящее время деформационные текстуры в рыхлых отложениях весьма часто используются для идентификации палеоземлетрясений, определения их параметров и сейсмического районирования территории, для которых неизвестны или недостаточно известны исторические землетрясения. При этом широкое распространение деформационных текстур в поздне- и послеледниковых отложениях юго-восточного Приладожья было недавно установлено работами Г.С. Бискэ, М.В. Шитова и И.В. Сумаревой (Бискэ и др., 2009; Шитов и др., 2010). Они описали эти текстуры как сейсмиды, связанные с недавним (позднеголоценовым) сильным палеосейсмическим событием («Свирско-Оятское палеосейсмическое событие» согласно указанным авторам). Такая интерпретация деформационных текстур неизбежно ставит два принципиальных вопроса: следует ли учитывать возможность современных землетрясений в юго-восточном Приладожье в решении задач общего сейсмического районирования и насколько обоснованы современные представления о геодинамике северо-западной оконечности Русской платформы в области юго-восточного окончания Пашско-Ладожского авлакогена. Важные выводы о голоценовой сейсмичности юго-восточного Приладожья требуют, разумеется, подтверждения, дополнения и уточнения новым фактическим материалом.

Поэтому **целью настоящей работы** является систематическое описание деформационных текстур на основе единой морфо-генетической классификации, установление их стратиграфической позиции и латерального распространения, последовательности образования, а также возраста и генезиса деформационных текстур.

Для достижения указанной цели были решены следующие **задачи**:

1. Полевое описание опорных разрезов поздне- и послеледниковых отложений юго-восточного Приладожья, их расчленение и корреляция по литологическим

и геохронологическим данным с установлением основных особенностей строения четвертичной толщи;

2. Полевое морфологическое описание деформационных текстур, выделение их ансамблей/парагенезов, установление их приуроченности к определённым стратиграфическому уровню;
3. Установление связи особенностей строения четвертичной толщи, а также морфологии/стиля и латерального распространения деформаций с современным и погребенным рельефом в целях оценки возможности гравитационного оползания осадков по палеосклонам;
4. Анализ литературных источников, а также неопубликованных материалов М.В. Шитова по особенностям геологического строения коренных и четвертичных образований в районе наших исследований;
5. Анализ литературных данных по морфологии, классификации и генезису деформационных текстур в рыхлых отложениях в целях сравнения и последующего отнесения изученных нами деформационных текстур к той или иной морфогенетической категории, известной по литературным данным, генезис которой надежно установлен и не вызывает сомнения.
6. Идентификация возможных свидетельств палеоземлетрясений в юго-восточном Приладожье и оценка параметров этих событий.

Фактический материал для настоящей работы был получен автором в ходе работ научно-исследовательской практики по четвертичной геологии в 2014–2016 гг. Он представлен следующим:

1. Построено и описано 4 разреза (один на р. Оять, протяженностью 500 м, и три по двум берегам р. Свирь, общей протяженностью 415 м) и 18 колонок (семь по разрезам вдоль берега р. Свирь и 11 по шурфам на р. Оять).
2. Непрерывно прослежены границы верхней части разреза (в этой части и распространены деформационные текстуры) протяженностью 500 м. на левом берегу р. Оять у деревни Чёгла, для установления наклона поверхности палеорельефа и возможной связи деформационных текстур с оползанием осадка по палеосклону под действием гравитационных сил.
3. Прослежены абсолютные высоты основных геологических границ с помощью нивелирования (поверхность размыва, она же подошва отложений ладожской трансгрессии) на р. Оять.
4. По образцам отобранным автором настоящей работы были получены пять радиоуглеродных датировок в Научной Лаборатории геоморфологических и

полярных исследований СПбГУ (Х.А. Арсланов); также в работе использовались три радиоуглеродные датировки, предоставленные М.В. Шитовым

5. В ходе полевых работ произведена фотодокументация, включающая 2843 фотографии разного масштаба, иллюстрирующих особенности строения поздне- и послеледниковой толщи, контакты и следы перерывов, взаимоотношения одновозрастных отложений в различных фациях, элементы палеорельефа, а также текстурные особенности отложений, в том числе и деформационные.

Район исследования расположен в северо-восточной части Ленинградской области в Лодейнопольском районе в пределах листа Государственной геологической карты СССР Тихвинско-Онежской серии масштаба 1:200 000 Р-36-XXXIV, составленному в 1976 г (Яновский, 1976; Недригайлова, 1976).

Глава 1. Исторический обзор изучения деформационных текстур в рыхлых отложениях.

Деформационные текстуры в рыхлых отложениях района работ распространены повсеместно, имеют сложную морфологию и разные причины образования. Они представляют собой появление пластичных деформаций, разрывных нарушений (со смещением и без) и полную потерю первичных водноосадочных текстур (гомогенизацию). При этом в пределах одной толщи без сильных литологических изменений могут встречаться одновременно несколько типов деформаций, которые будут образовывать закономерные комплексы (парагенезы). Процессы, влияющие на образование деформационных текстур в каких-либо рыхлых отложениях различные: оползание осадка на палеосклоне под действием сил гравитации, избыточная или неравномерная нагрузка на слой (Рейнек и Сингх, 1981), землетрясения, цунами, ледниковая нагрузка или действие ледниковой тектоники и химическое выветривание (Obermeier, 1996). Наиболее полный список, но при этом достаточно обобщенный, всех возможных причин образования деформационных текстур в рыхлых отложениях представлен в статье G. Shanmugam 2016 года (рис.1) (Shanmugam, 2016).



Рис. 1. Разновидности триггерных механизмов при образовании деформационных текстур в рыхлых отложениях по G. Shanmugam (Shanmugam, 2016) (перевод автора)

В изучении деформационных текстур в рыхлых отложениях можно выделить несколько этапов изучения. Первый этап (1940-1960 гг.) представлен в работах Р.Г. Гарецкого и А.И. Москвитина. Так, в работе Р.Г. Гарецкого «Кластические дайки» (Гарецкий, 1956) было положено начало классификации кластических даек, которая актуальна и на сегодняшний день, а также автором описана история изучения и появления терминов, которые в данной работы мы также используем при описании этого типа деформаций. В работе А.И. Москвитина «О следах мерзлоты и необходимости их распознавания» 1947 года автор описывает деформационные текстуры, образовавшиеся в результате действия мерзлотных явлений, такие как: ледяные клинья, кипуны или «кипящие почвы» или «текучие земли», морозное смятие слоев, солифлюксий и песчаные карманы, приводит примеры, а также подробные зарисовки разрезов, на примере которых «обращает серьезное внимание геологов на ископаемые следы мерзлоты в послетретичных и коренных отложениях, чтобы научиться пользоваться этим новым методом исследования и избежать больших ошибок с тектоническим или гляциальным уклоном» (Москвитин, 1947).

Ко второму этапу (1960-1990) можно отнести, например, работы С.С. Шульца и Е.Н. Азбукиной, изучавших дислокации в четвертичных отложениях в пределах юго-восточного склона Балтийского щита в середине прошлого столетия, и работы Патрика Миллса (Mills, 1983). С.С. Шульц, а после уже и Е.Н. Азбукина описали деформационные текстуры в верхнеплейстоценовых отложениях и связали их образование с гравитационным оползанием осадка, при этом Е.Н. Азбукина предположила, что их образование «может быть связано с этапами проявления движений земной коры в верхнечетвертичное время» (Азбукина, 1966). Патрик Миллс в своей работе «Genesis and diagnostic value of soft-sediment deformation structures—A review» описал механизм образования деформационных текстур различной морфологии. В 1969 году выходит статья А. Зейлахера, который употребляет термин сейсмит и подразумевает под ним «характеристику участков, отличительной чертой которых было наличие водонасыщенного слоя, который в процессе землетрясения подвергался разжижению и вызывал в перекрывающих (или подстилающих) слоях деформации» (Seilacher, 1969). Позже к сейсмитах стали относить любые дислокации, формирование которых происходило в результате разжижения грунтов и сопровождающих его явлений подъема различных флюидов (воды, газов, песчаных и грязевых масс и т.д.) под влиянием сейсмических волн и вибрации (Obermeier, 1996, 1998; Obermeier et al., 2005).

В это же время увеличивается база фактического материала описания морфологии деформационных текстур и проводятся многочисленные эксперименты в лабораториях по

моделированию образования деформационных текстур (Kuenen, 1958), которые продолжают и на сегодняшний день, но уже для выяснения более точных параметров механизма образования деформационных текстур (Moretti et al., 1999; Rodriguez-Pascua et al., 2000). В результате проведения работ по моделированию, на сегодняшний день стало возможным установление связи морфологии деформационных текстур с макросейсмическими параметрами землетрясений, при условии сейсмической природы триггерного механизма. Так одна из работ на эту тему – работа Дж. Мак-Калпина (Мак-Калпин, 2011), в которой одна из глав написана Стефеном Ф. Обермейером (см. Глава 7. Использование дислокаций, связанных с разжижением и другими явлениями в рыхлых грунтах при палеосейсмологических исследованиях) – известным исследователем деформационных текстур сейсмического генезиса в США.

К третьему этапу можно отнести современные работы, например, исследователей сейсмитов на юге восточной Сибири – А. С. Гладков и О. В. Лунина (Гладков и Лунина, 2010), где авторы при описании деформационных текстур в рыхлых отложениях пользуются классификацией К. Монтена (Montenat et al., 2007) и критериями для определения сейсмической природы деформаций по J.D. Sims (Sims, 1975). А в пределах Кольского региона обнаружены деформационные текстуры в рыхлых отложениях, описанных С.Б. Николаевой (Николаева и др., 2016; Николаева, 2014). Таким образом изучение деформационных текстур актуально на сегодняшний день.

Текстуры схожей морфологии интерпретировались авторами по-разному, и тогда возникла необходимость выделения критериев для определения причины образования деформаций. Несмотря на отсутствие до сих пор бесспорного и унифицированного алгоритма распознавания деформационных текстур как сейсмитов, (а именно это интересует нас в работе, в связи с возможностью существования палеосейсмического события в юго-восточном Приладожье) некоторые критерии, сформированные еще пол века назад в отечественных работах Н.Н. Верзилиным и за рубежом Дж.Д. Симсом будут использоваться в нашей работе. Так в работе Н.Н. Верзилина 1961 года на примере деформационных текстур в нижнемеловых отложениях северо-восточной Ферганы выделены критерии для связи образования деформаций с древними землетрясениями (Верзилин, 1961):

1. Определенная стратиграфическая приуроченность
2. Распространенность в различных породах одного и того же стратиграфического уровня
3. Распространенность на значительных территориях при сохранении определенной стратиграфической приуроченности

4. Пространственная и временная взаимосвязь различных форм подводно-оползневых явлений с нептуническими дайками, следами обвалов, перераспределения и дробления осадка свидетельствуют о том, что причина их возникновения общая.

Признаки сейсмической природы деформационных текстур по J.D. Sims в изложении (Гладков А.С., Лунина О.В., 2010).:

1. Местонахождение исследуемых деформаций в сейсмически активных областях
2. Подходящий состав осадков – слабо консолидированные, метастабильные пески и глины с низким сцеплением
3. Сходство структур со структурами, описанными где-либо как сейсмиды (Seilacher, 1969; Obermeier, 1996; Montenat et al., 2007; и др.)
4. Исключение возможности образования деформаций вследствие гравитационного течения
5. Расположение деформированного слоя в стратиграфическом “сэндвиче” из недеформированных слоев
6. Широкое латеральное простираие деформационных структур
7. Циклическое повторение структур, возникающее в сейсмических зонах вследствие периодического проявления сильной сейсмической активности.

При изучении деформационных текстур невозможно не испытать необходимость в их классификации. В связи с тем, что процессы, влияющие на образование деформационных текстур одинаковой морфологии, различны, необходимо строить классификации на основе морфологического признака или с некоторым допущением на основе морфогенетического (как классификация К. Монтена). Как наиболее подходящая для целей в данной работе и удобная для применения используется классификация К. Монтена (Montenat et al., 2007) в обработке Г.С. Бискэ, М.В. Шитова и И.В. Сумаревой (Бискэ и др, 2009) (см. Глава 3. Описание морфологии деформационных текстур в соответствии с классификацией)

Глава 2. Опорные разрезы поздне- и послеледниковых отложений с деформационными текстурами



Рис. 2. Обзорная карта-схема района работ. Красными прямоугольниками показаны расположения описанных нами разрезов. 1 – разрез на правом берегу р. Свирь напротив о. Конев; 2 – разрез на левом берегу р. Свирь в урочище «Кирпичный завод»; 3 – разрез на левом берегу р. Оять у деревни Чегла.

2.1. Описание разреза на правом берегу р. Свирь напротив о. Конев

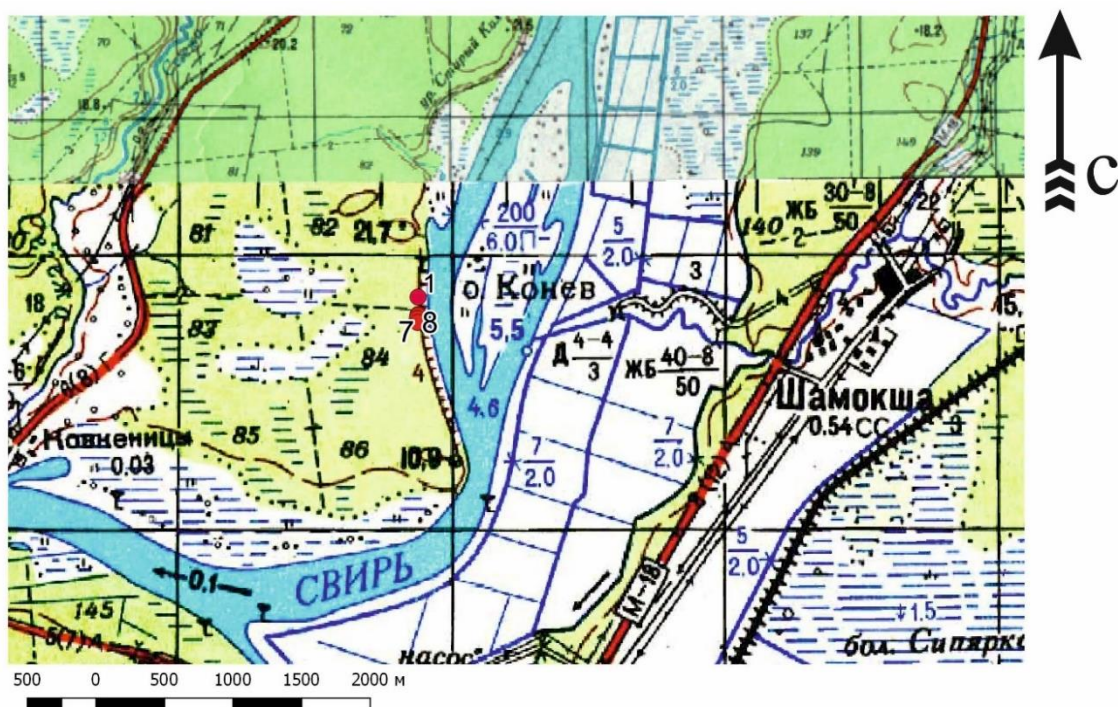


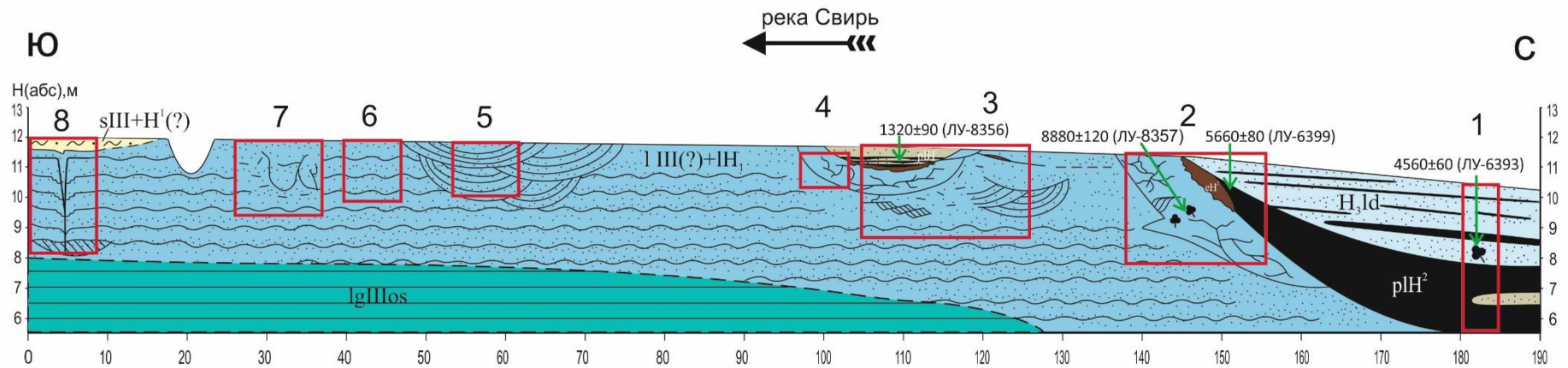
Рис.3. Топографическая карта с точками наблюдения напротив о. Конев

Координаты: Начало расчистки $60^{\circ}39'33,78''$ с.ш.
 $33^{\circ}17'13,79''$ в.д.

Конец расчистки $60^{\circ}39'27,79''$ с.ш.
 $33^{\circ}17'13,54''$ в.д.

Разрез представляет береговой обрыв на правом берегу р. Свирь, высота которого 12 м абсолютной высоты в южной части, выше по течению понижается до 10,2 м абсолютной высоты, общая протяженность разреза 190 м. Мною вскрыто и описано восемь расчисток (рис.3). Высота уреза воды в 2017 году – около 5,5 м. В основании разреза залегают озерно-ледниковые отложения, представленные ленточными глинами, кровля глин залегает на отметке около 8 м абс. высоты в начале профиля и уменьшается выше по течению р. Свирь так, что кровля глин становится ниже уреза воды. Непосредственно нами в этом году ленточные глины не наблюдались, в связи с сильной задернованностью склона. Вышележащая алевроито-песчаная толща имеет достаточно сложное строение, обусловленное ее сильной деформированностью. Отложения этой толщи вскрыты в расчистках 2-8. Выше по разрезу залегает торф, переходящий по латерали в погребенную почву (вскрыто в расчистке 2 и 3). Кровля которого опускается с отметки 11,6 м абсолютной высоты до уреза воды в северной части разреза (вскрыто в расчистке 1 и 2). Торф перекрывает песок, параллельно переслаивающийся с торфом. Вскрыто в расчистке 1 и 2 (рис.4). Далее идет описание разреза в расчистках.

Схема обнажения напротив о. Конев



Условные обозначения

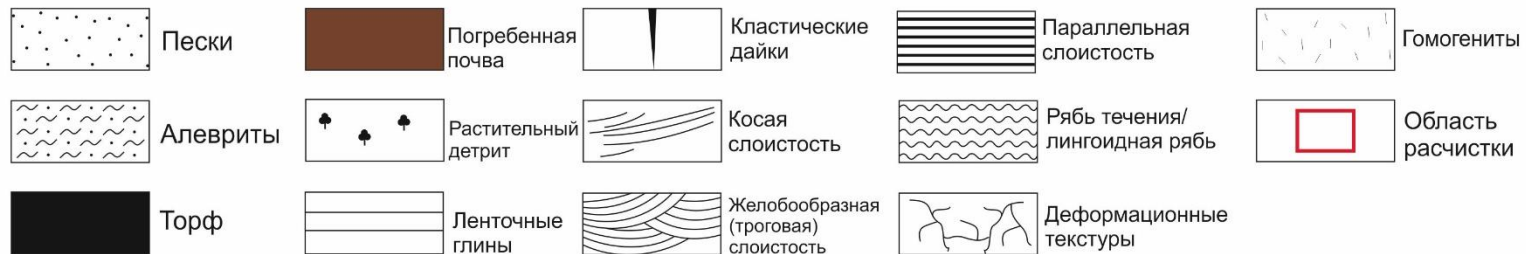


Рис.4. Разрез на левом берегу р. Свирь напротив о. Конев

Расчистка 2

Расположена в 143 м от начала профиля и имеет протяженность 6 м. В месте расчистки абсолютная высота поверхности рельефа 11,6 м., абсолютная высота основания расчистки 7,6 м, мощность расчистки около 4 м.

1. В основании залегают песчано-алевритовые отложения достаточно уплотненные и мелкозернистые, мощностью 0,3 м. Цвет отложений смешанный: серый принадлежит алевритовой фракции и бежевый песчаной фракции. Слоистость отложений плоскопараллельная, представлена линзовидным типом. Высота гребней 1-2 см, длина волны около 5 см, при этом слоистость не всегда видна отчетливо, но явных признаков ее нарушения нет. Следы ожелезнения проявлены не сильно, а если и есть, то имеют линейную форму в разрезе и скорее проникли из более ожелезненных вышележащих отложений. В 0,3 м от основания расчистки располагается резкая и отчетливая эрозионная поверхность, заполненная выше алеврито-глинистыми отложениями мощностью около 0,1 м. Цвет серо-розовый, отчетливо текстур не наблюдается, что вероятно связано с литологической однородностью отложений. Эрозионная поверхность, соответствующая подошве алевритов, сильно ожелезнена.

Выше алевриты перекрываются песчано-алевритовыми отложениями серо-бежевого цвета достаточно уплотненными и мелкозернистыми со схожими текстурами нижележащих песков. Переход между алевритовыми глинами и песками – отчетливый и достаточно резкий. Мощность песков 0,2 м. Выше по разрезу пески перекрываются алеврито-глинистыми отложениями, схожими с нижележащими, мощностью 5-7 см. Таким образом, наблюдаем ритмичное строение нижележащих песков общей мощностью 0,7 м без явных следов нарушения слоистости. Выше по разрезу залегают пески снова схожие по литологическому составу и текстурам с нижележащими. Мощность песков 0,3 м, при этом верхние 0,1 м песков деформированы и слегка смещены, что выражается в нарушенной слоистости, имеющей неровную и сильно извилистую форму. Выше по разрезу залегают светло-бежевые пески с неотчетливо проявленной текстурой, что, возможно, является результатом их гомогенизации. Мощность песков 0,2-0,3 м.

2. Выше по разрезу идет поверхность смещения алеврито-глинистых отложений, которая дает резкий и отчетливый контакт с нижележащими песками. Падение поверхности в северо-северо-восточном направлении. Поверхность имеет неровную извилистую форму с будинированием алевритов и внедрением их в

нижележащие пески, причем внедрения внешне по морфологии напоминают текстуры захвата. Линза внедренного алевроита имеет мощность 5 см и длину около 10 см. Будины выше линии смещения наклонены под углами около 45 градусов в сечении параллельном берегу р. Свирь и однонаправлены, что отчетливо видно благодаря первичной слоистости. Поверхность смещения сильно ожелезнена как по кровле, так и по основанию. При этом в самой верхней по течению части расчистки поверхность под большим углом сильно заваливается и проникает в нижележащие отложения (переслаивание песков и алевроитов и глинистые прослой). Вышележащие отложения выполняют это понижение и соответственно их мощность очень изменчива (от 0,2 до 1 м). Отложения при этом сильно деформированы, смяты в сложные очень мелкие складки и будинированы. Первичные текстуры почти полностью отсутствуют.

Выше по разрезу залегает песчаный прослой мощностью 0,1-0,15 м с большим количеством растительного детрита, который имеет субгоризонтальное залегание. Текстуры плохо проявлены, а те, водноосадочные текстуры, которые видны, нарушены. Кровля слоя извилистая и неровная. Контакт с вышележащими песками отчетливый и резкий. Выше залегают пески светлого бежевого цвета, мощностью 0,4 – 0,5 м. Первичные водноосадочные текстуры – плоскопараллельная слоистость, которая видна не так отчетливо в связи с деформированностью песков. Деформации представлены разрывными нарушениями (сбросами), а также текстурами, являющимися результатом отжатия поровой воды, которые можно назвать «муаровыми текстурами». В верхней части пески сильно гомогенизированы и какие-либо текстуры отсутствуют. Контакт с вышележащими почвами – постепенный и инъекционный (из-за сильной деформированности почв и проникновения гумусового материала в нижележащие пески).

3. Почвы и торф. Мощность вышележащих почв до 0,4-0,5 м. Они имеют наклонное залегание и выклиниваются примерно в 150 м от начала профиля в верхах разреза. По латерали в разрезе почвы распространены по длине около 10 м. Почвы сильно деформированы и имеют постепенный контакт с нижележащими песками. Деформации представляют собой будины песка в почве, имеющие преимущественно окатанную форму, но иногда и вовсе не окатанную. Размеры будин от первых сантиметров до 5 сантиметров. При этом вокруг будин бывает кайма, являющаяся результатом отжатия поровой воды. Выше по разрезу к сильно деформированным почвам прилегает торф, видимая мощность которого

увеличивается до 1,8 м, вверх по течению кровля торфа соответствует урезу воды. Контакт торфа и почв отчетливый, но постепенный. Торф залегает наклонно и падает вверх по современному течению р. Свирь. В деформации торф не вовлечен (по крайней мере отчетливо это не видно). При этом торф аллохтонный, о чем можно судить по его слоистости (переслаивается с песком). Выше по разрезу торф перекрывают пески, переслаивающиеся с торфом, которые падают в одном направлении с торфом. Слоистость плоскопараллельная в нижней части разреза и только в верхней части видны косые слойки мощностью 3-4 см. Мощность песчаных прослоев до 20 см, прослоев торфа – первые сантиметры. Деформаций в песках в сечении параллельном руслу реки Свирь не видно, но в перпендикулярном сечении есть будины песка, заключенного в тонкий растительный детрит, мощность будины 5 см, протяженность в сечении перпендикулярном береговой линии 30 см. Также в данной толще имеются остатки ствола дерева, диаметр сечения которого около 20 см. Мощность песков до 2,2 м.

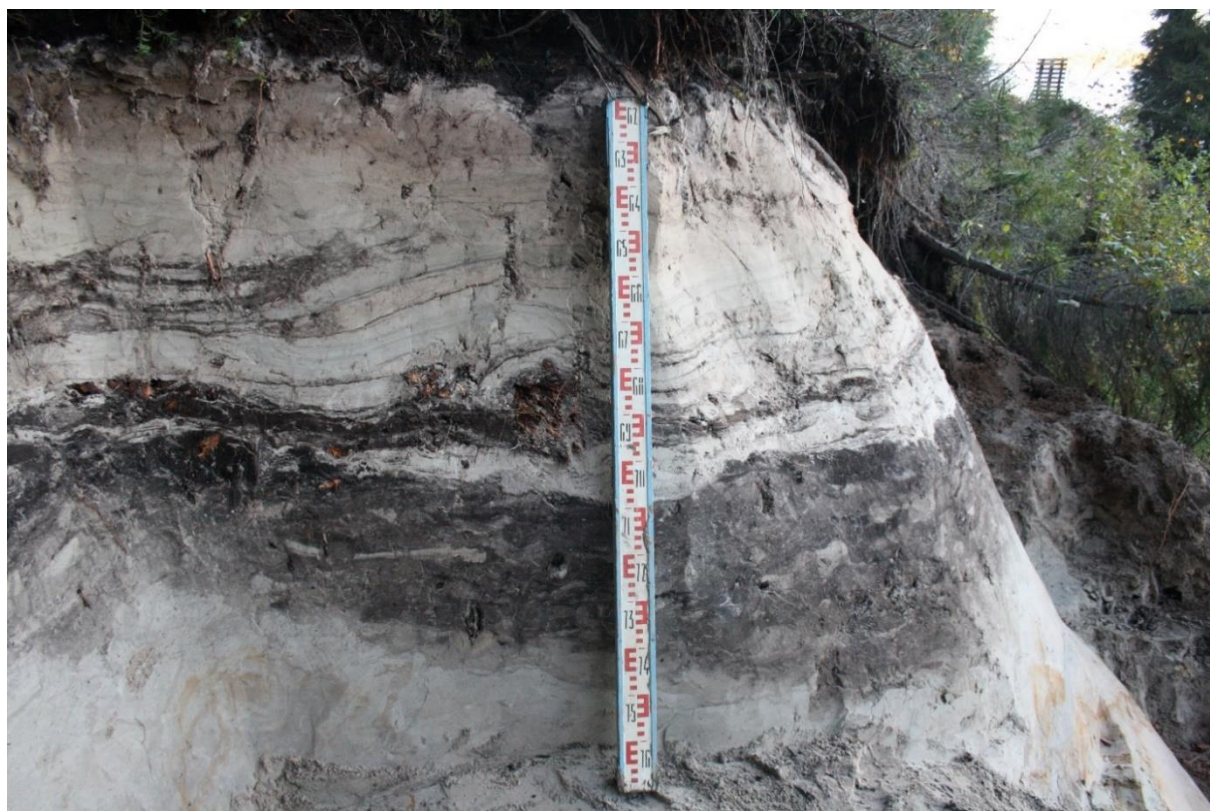


Рис.5. Верхняя часть разреза с деформациями в почвах и торфе, переслаивающийся с песками и не вовлеченный в деформации (расчистка 2)



Рис.6. Расчистка 2, на которой хорошо видно общее строение разреза и падение кровли торфа.

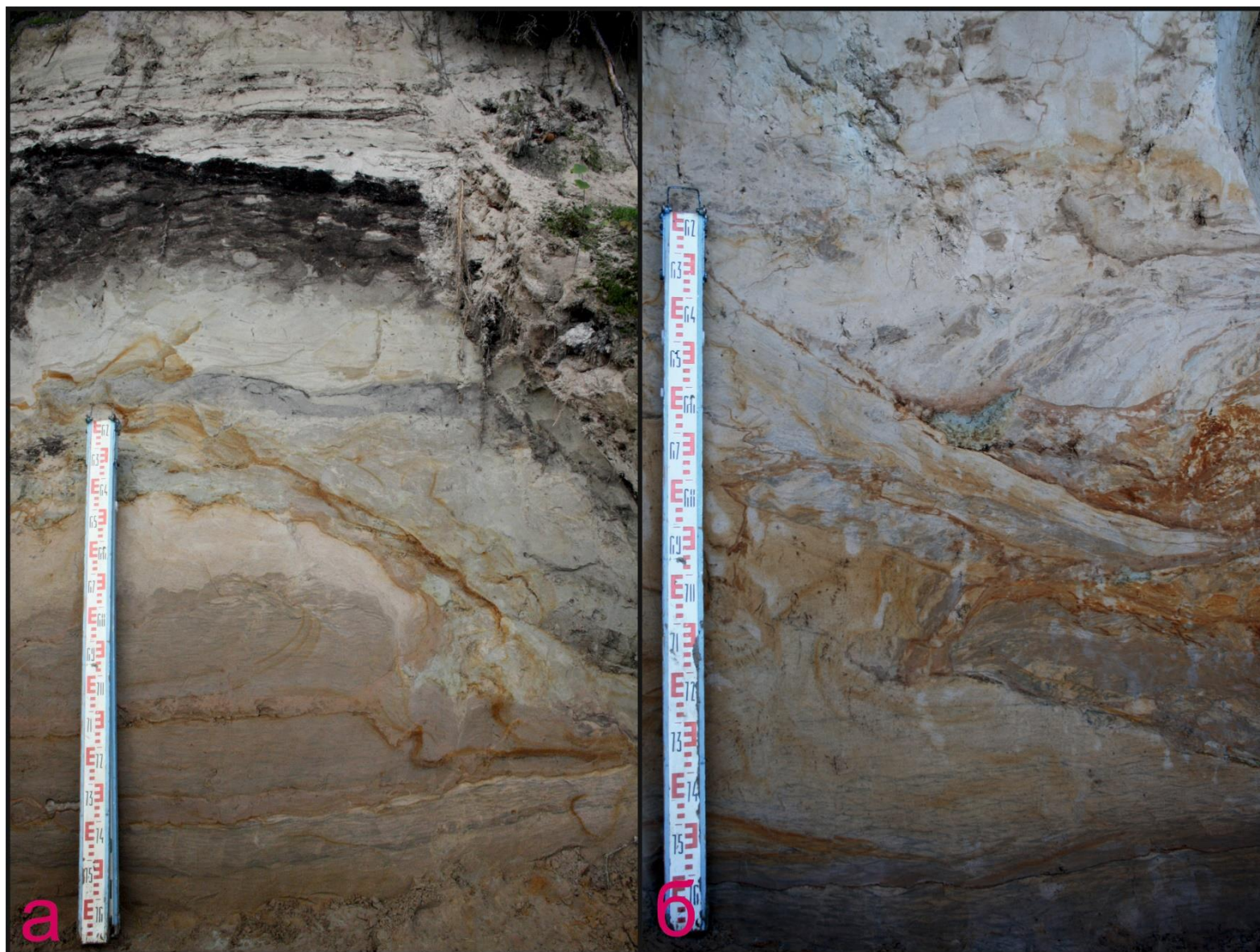


Рис.7. Деформации в нижней бассейновой пачке – поверхность смещения (расчистка 2)

Расчистка 3

Расположена в 115 м от начала профиля и имеет протяженность 7 м. В месте расчистки абсолютная высота поверхности рельефа 12 м., абсолютная высота основания расчистки 9,5 м, мощность расчистки около 2,5 м.

1. В основании залегают светлые пески желто-розового цвета, мелкозернистые. Видимая мощность песков от 1 м до 3 м. Первичные текстуры почти отсутствуют, за исключением части разреза с крупными косыми сериями, мощностью до 0,5 м в верхней части разреза и желобообразными врезами в средней части, мощность которых 0,3-0,4 м. Желобообразные врезы имеют неровную и извилистую поверхность. Слоистость песков представлена косой параллельной, слоистостью восходящей ряби и плоскопараллельной. Часть разреза с сохранившимися первичными водноосадочными текстурами сильно ожелезнена по всей высоте, и, как следствие, текстуры не всегда хорошо видны. При этом окраска неравномерна и имеет пятнистый характер. В верхней части разреза присутствуют роренштейны, длиной до 10 см. В основной части разреза первичные текстуры не сохранены: пески сильно смяты в сложные складки и гомогенизированы в нижней части области смещения. В переходной зоне частичной гомогенизации распространены разрывные нарушения сбросового характера, которые не так отчетливо видны, как в зоне ожелезнения. Ожелезнение песков в этой части разреза отсутствует.
2. Область смещения. Область смещения имеет наклонную поверхность, падающую в южном направлении под углами около 30-40 градусов и выполаживающуюся до субгоризонтальной. Поверхность смещения имеет неровную подошву, сильно нарушенную, с внедрением вышележащих алевроитов в нижележащие пески. Мощность вышележащих алевроитов до 0,5 м. Алевроиты, расположенные над поверхностью смещения, сильно уплотнены и имеют комковатую отдельность. Первичных текстур не наблюдается, алевроиты хаотично смяты и отчетливо видно только ожелезненные следы отжатия поровой воды, представляющие собой хаотично извилистые неровные и пересекающиеся линии (муаровые текстуры?). Около в 20 см от подошвы алевроитов проходит сильно ожелезнённая субгоризонтальная линия, переходящая в растянутые угловатые будины формы параллелограмма, одна из коротких сторон которого вогнутая, размер будин до 15 см по короткой оси и до 30 см по длинной оси. Будины сложены песками, переслаивающимися с алевроитами, первичные водноосадочные текстуры сохранены, но сильно нарушены.

Торф, переслаивающийся с песком. Мощность песчаных прослоев до 5 см, прослоев торфа до 10 см. В основании преобладает торф, выше по разрезу - пески (их мощность увеличивается до 30 см). Общая мощность переслаивания до 0,5 м. В песках текстуры слабо выражены: в однородном песке видна только параллельная слоистость. Преобладающий в основании торф залегает наклонно, под углом до 5-10 градусов. Возможно, он одновозрастен торфу, описанному в расчистке 2.

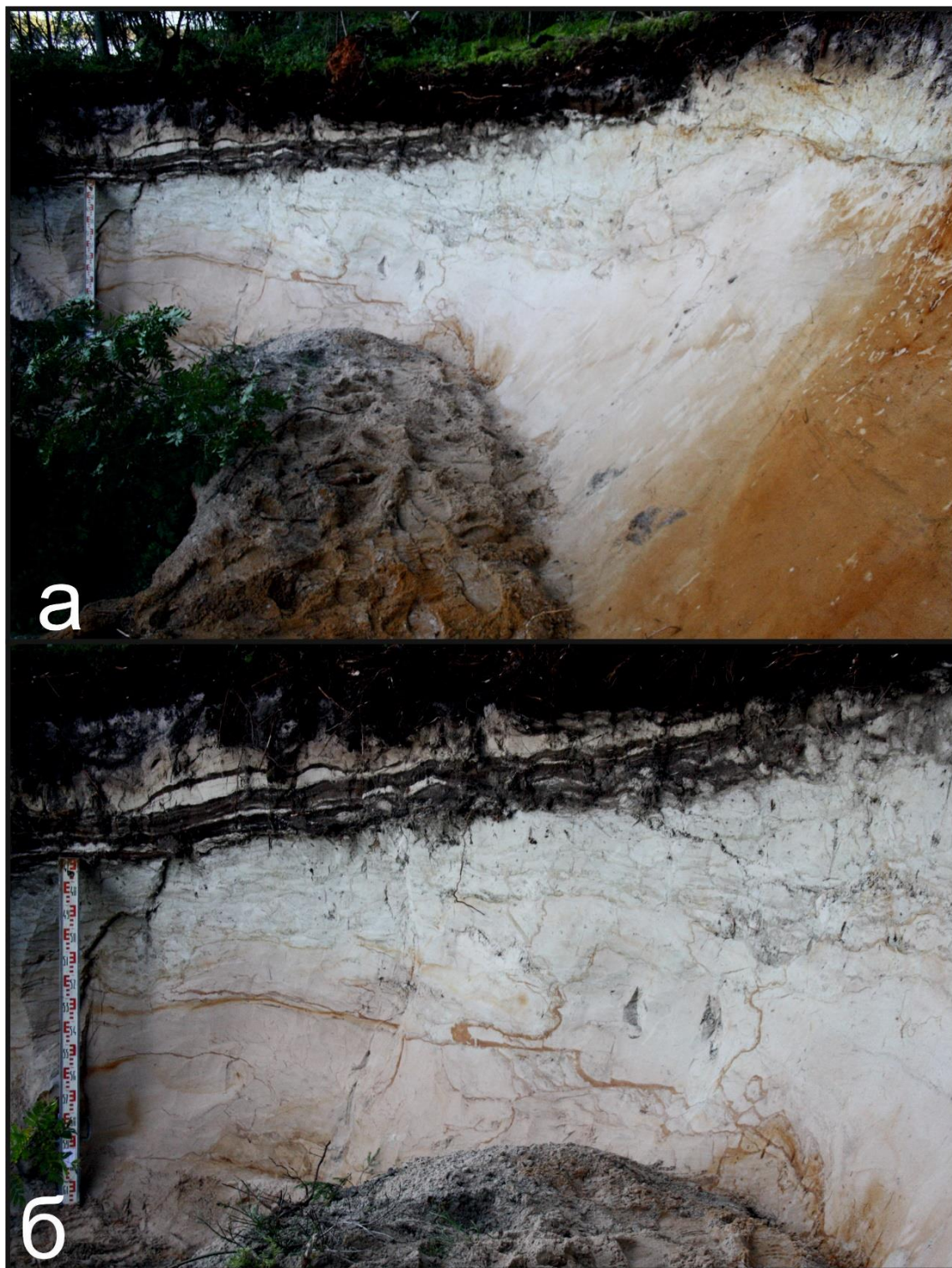


Рис.8. Деформации в нижней бассейновой пачке – поверхность смещения (расчистка 3)

Расчистка 1

Расположена в 185 м от начала профиля и имеет протяженность 1 м. В месте расчистки абсолютная высота поверхности рельефа 10,25 м., абсолютная высота основания расчистки 6 м, мощность расчистки около 4,25 м.

1. В основании залегает уплотненный торф, цвет – черный. Видимая мощность торфа 1,8 м. Торф достаточно однородный, за исключением присутствующих остатков древесины. В 20 см от кровли торфа присутствует песчаная линза. Песок средне-мелкозернистый, текстуры отсутствуют. Торф намного плотнее и совсем не деформированный в расчистках 2 и 3 (автохтонный).
2. Песок, переслаивающийся с торфом, слоистость параллельная, слабо наклонённая в сторону берега р. Свирь. Контакт с нижележащим торфом отчетливый, но постепенный. Мощность песчаных прослоев до 0,4 м, прослоев торфа до 0,2 м. В прослоях торфа также присутствуют остатки стволов деревьев.



Рис.9. а) Торф в расчистке 1; б) Деформации в нижней бассейновой пачке (расчистка 4)

Расчистка 4

Расположена в 110 м от начала профиля и имеет протяженность 1 м. В месте расчистки высота поверхности рельефа 12 м., абсолютная высота основания расчистки около 9 м, мощность расчистки около 2 м. В расчистке вскрыты деформированные пески

и алевроиты. Цвет отложений очень неоднороден: светло-желтый, розовый, серый и голубоватый. Слоистость сильно деформирована, присутствуют только реликты первичных водноосадочных текстур (слоистость ряби). Присутствует большое количество дизъюнктивных нарушений (сбросов), внешне похожих на листрические сбросы, падающие в южном направлении. Также имеются следы отжатия поровой воды, описанные ранее (расчистка 2, 3), которые здесь проявлены еще сильнее (муаровые текстуры). По ним идет ожелезнение. В верхней части залегает алевроит, также сильно смятый, как и нижележащие пески. Строение схоже со строением, описанным в расчистке 3, но поверхности смещения не видно, а контакт между песками и алевроитами постепенный, инъекционный и очень неотчетливый. Видимая мощность песков 1,5 м, видимая мощность алевроитов 0,5 м.

Расчистка 5

Расположена в 58 м от начала профиля и имеет протяженность 1 м. В месте расчистки высота поверхности рельефа 12 м., абсолютная высота основания расчистки 10 м, мощность расчистки около 1,5 м. В расчистке вскрыты светло-желтые пески, крупнозернистые в основании расчистки и средне – мелкозернистые выше по разрезу. Слоистость параллельная косая, разнонаправленная, угол падения косых слойков около 25 – 30 градусов. Мощность косых серия до 0,4 м. В нижней части расчистки пески сильно ожелезнены, при этом ожелезнение придает неравномерную окраску (рис.10а). Пески схожи по структурно-текстурным признакам с песками, описанными в расчистке 3 (сильно ожелезненная часть разреза).

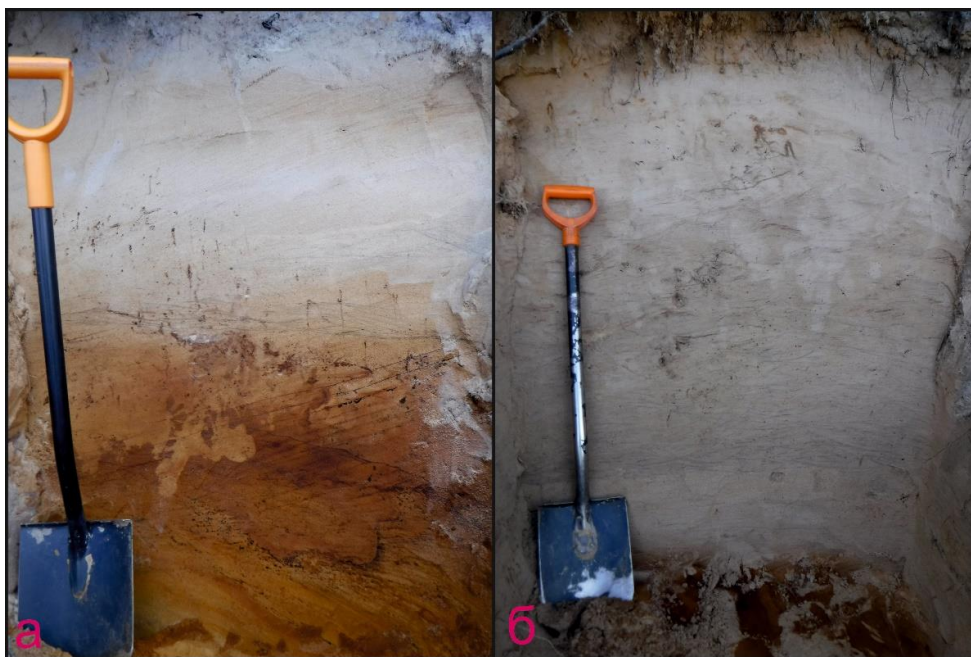


Рис.10. Текстуры в нижней бассейновой пачке: а) параллельная косая слоистость (расчистка 5) б) слоистость лингоидной ряби (расчистка 6).

Расчистка 6

Расположена в 48 м от начала профиля и имеет протяженность 1 м. В месте расчистки высота поверхности рельефа около 12 м., абсолютная высота основания расчистки 10 м, мощность расчистки 1,5 м. В расчистке вскрыты мелкозернистые пески светло-желтого цвета. Слоистость представлена лингоидной рябью, высота гребней – первые сантиметры. Выше по разрезу текстуры неотчетливо видны и пески почти гомогенизированы (рис.106).

Расчистка 7

Расположена в 28 м от начала профиля и имеет протяженность 3 м. В месте расчистки высота поверхности рельефа около 12 м., абсолютная высота основания расчистки 10 м, мощность расчистки 1,5 м. В основании разреза залегают мелкозернистые пески светло-розового цвета. Видимая мощность около 0,3 м. Текстуры очень слабо выражены и только ближе к кровле слоя появляется параллельная слоистость. Выше по разрезу залегают средне-мелкозернистые пески сильнодеформированные. Контакт с нижележащими отчетливый – маркируется глинисто-алевритовым прослоем, мощность которого 1-2 см. Первичные водноосадочные текстуры сильно нарушены, но местами видна слоистость ряби. Деформации имеют неравномерный характер: представлены пятнистой гомогенизацией песка (размер участков от первых см до 0,5 м), разрывными нарушениями (сбросами) в нижней части и следами отжатия порой воды (муаровые текстуры). Поверхность, разделяющая две части разреза, в северной части расчистки приобретает характер поверхности смещения и резко, под большим углом, уходит вниз разреза.

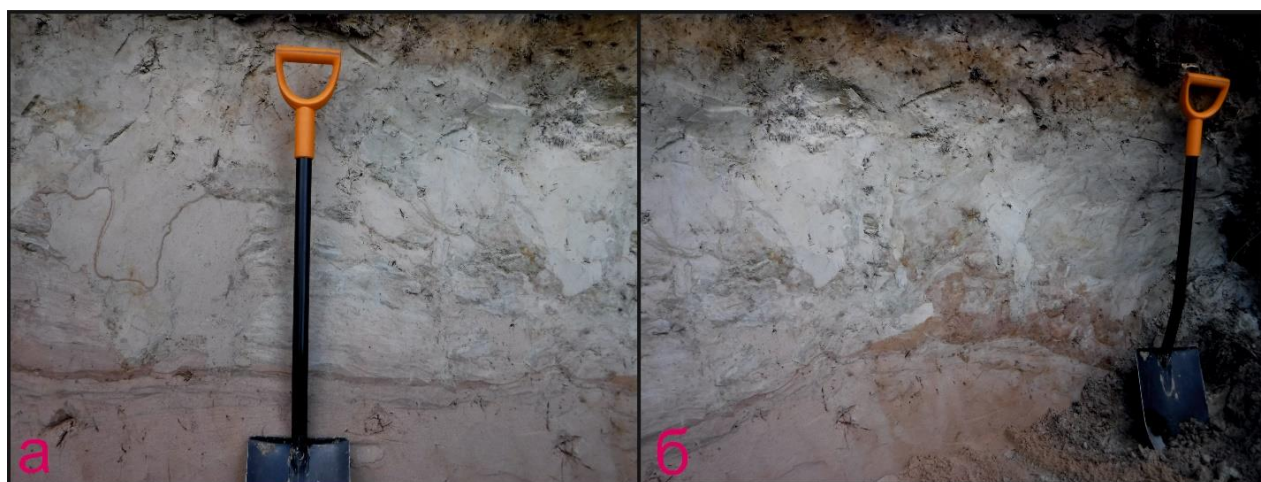


Рис.11. Деформации в нижней бассейновой пачке (расчистка 7)

Расчистка 8

Расположена в начале профиля и имеет протяженность 3 м. В месте расчистки высота поверхности рельефа около 12 м., абсолютная высота основания расчистки 7,5 м, мощность расчистки 4 м. В основании разреза залегают светло-желтые пески, переслаивающиеся с алевритами в верхней части разреза. Слоистость параллельная. Представлена лингоидной рябью. Мощность песчаных прослоев от первых сантиметров до 15 см. Мощность песков 3,7 м. Выше по разрезу залегает алеврит, неслоистый, светло-голубого цвета. Контакт с нижележащими песками неясный (скорее постепенный, так как отчетливой эрозионной поверхности не наблюдается). Мощность 0,3 м. Всю толщу песков пересекает трещина, мощность которой 3,7 м. В нижней части трещина очень узкая (толщина до 1 сантиметра), выше по разрезу ее мощность чуть увеличивается и появляются многочисленные ступенчатые сбросы, отчетливо видные за счет переслаивания песков и алевритов. Вышележащая толща заполняет понижение на месте трещины. В нижней части присутствует сильное ожелезнение песков, которое образуют кайму по периферии трещины. Азимут простирания трещины 230 градусов.



Рис.12. Нептуническая дайка в параллельно переслаивающихся песках (расчистка 8).

2.2. Описание разреза на левом берегу р. Свирь в урочище «Кирпичный завод»

Описываемые ниже разрезы располагаются на левом берегу реки Свирь в 8 км ниже по течению от деревни Заостровье в Лодейнопольском районе (рис.13). обнажения наблюдаются в обрывах вдоль берега Свири, которая пререзает регионально-распространенную террасу, связанную с ладожской трансгрессией. Максимальная отметка абсолютной высоты бровки площадки террасы равна 11 м. Разрезы изучены в ходе Староладожской практики и задокументированы в 2014 году (разрез «бухта», протяженностью 190 м, разрез «трещина», протяженностью 35 м (рис. 14, 15) и пять колонок (рис. 16 III-VII)), а также использовался материал М.В. Шитова 2012 года, который представлен описаниями двух разрезом (рис. 16. I, II) и три датировки, полученные А.А. Потаповичем в ходе геологического доизучения площадей (ГДП-200) («Севзапгеология», теперь «Петербургская комплексная геологическая экспедиция» ОАО «Росгеология») в разрезах 2012 года. Все разрезы далее описываются снизу-вверх (Рис.14, 15, 16).

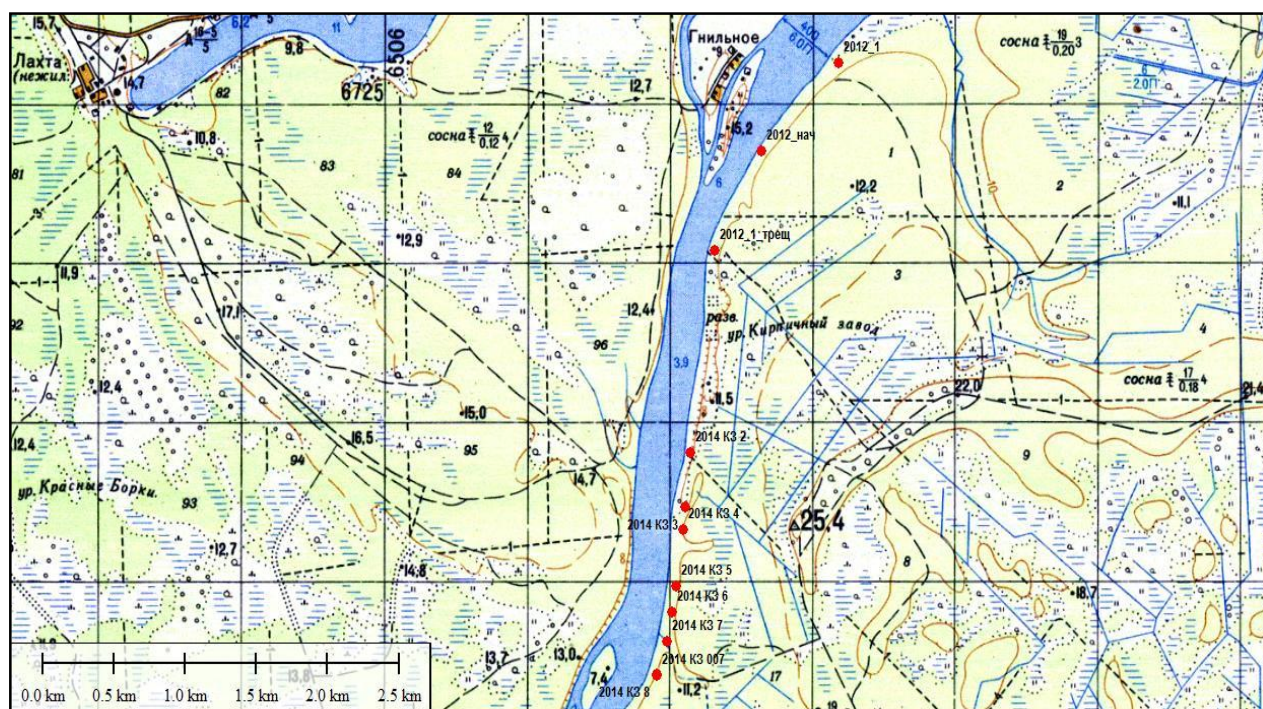


Рис.13. Топографическая карта участка работ с отмеченными точками разрезов.

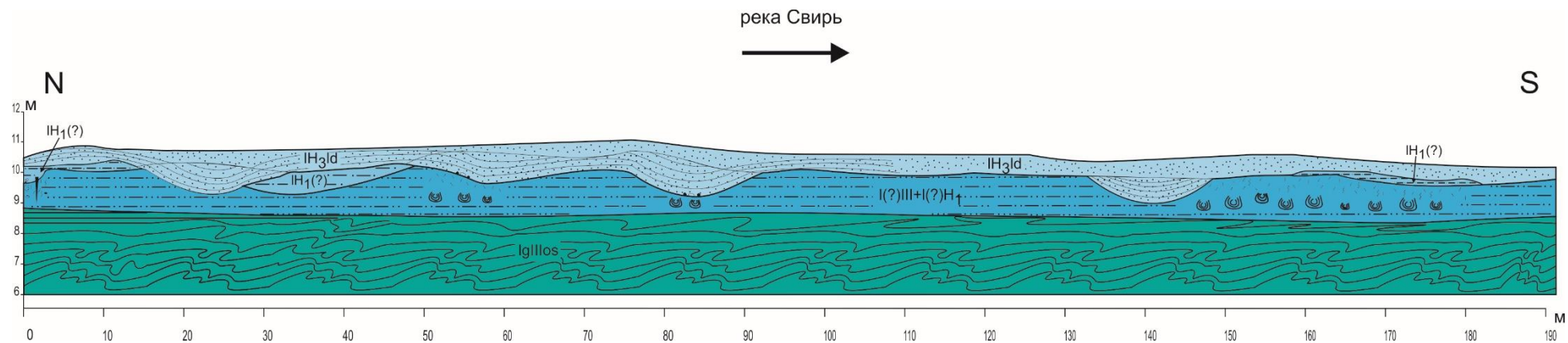


Рис. 14. Разрез «Бухта» на левом берегу р. Свирь в урочище «Кирпичный завод»

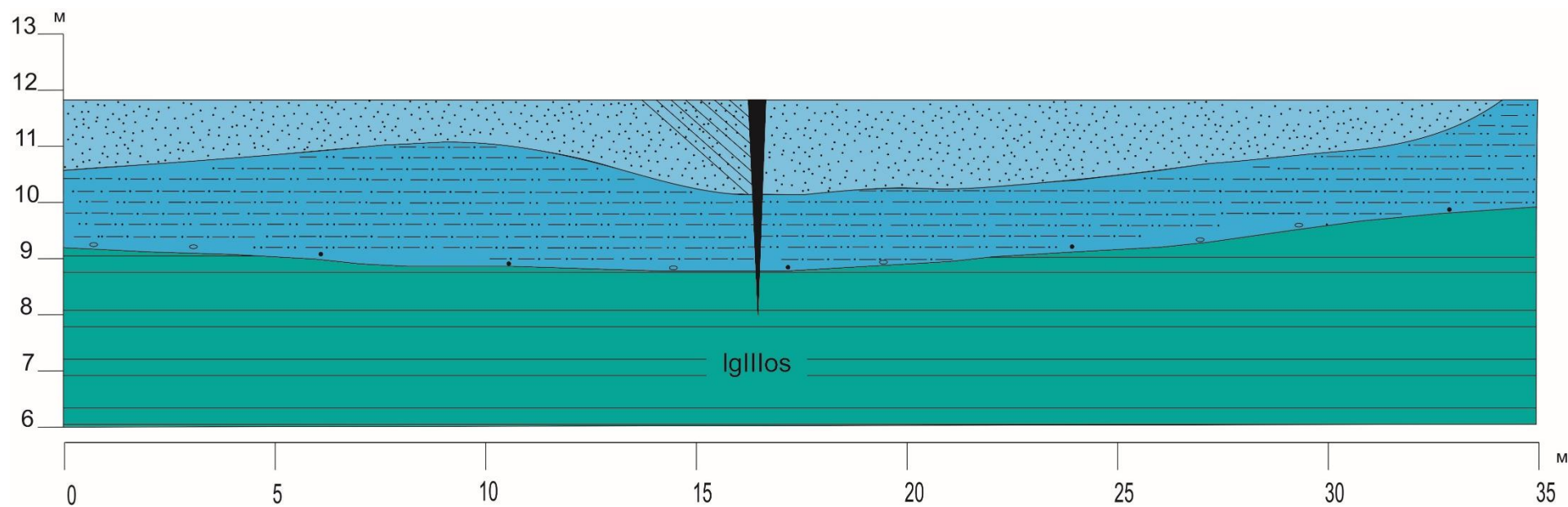


Рис. 15. Разрез «Трещина» на левом берегу р. Свирь в урочище «Кирпичный завод»

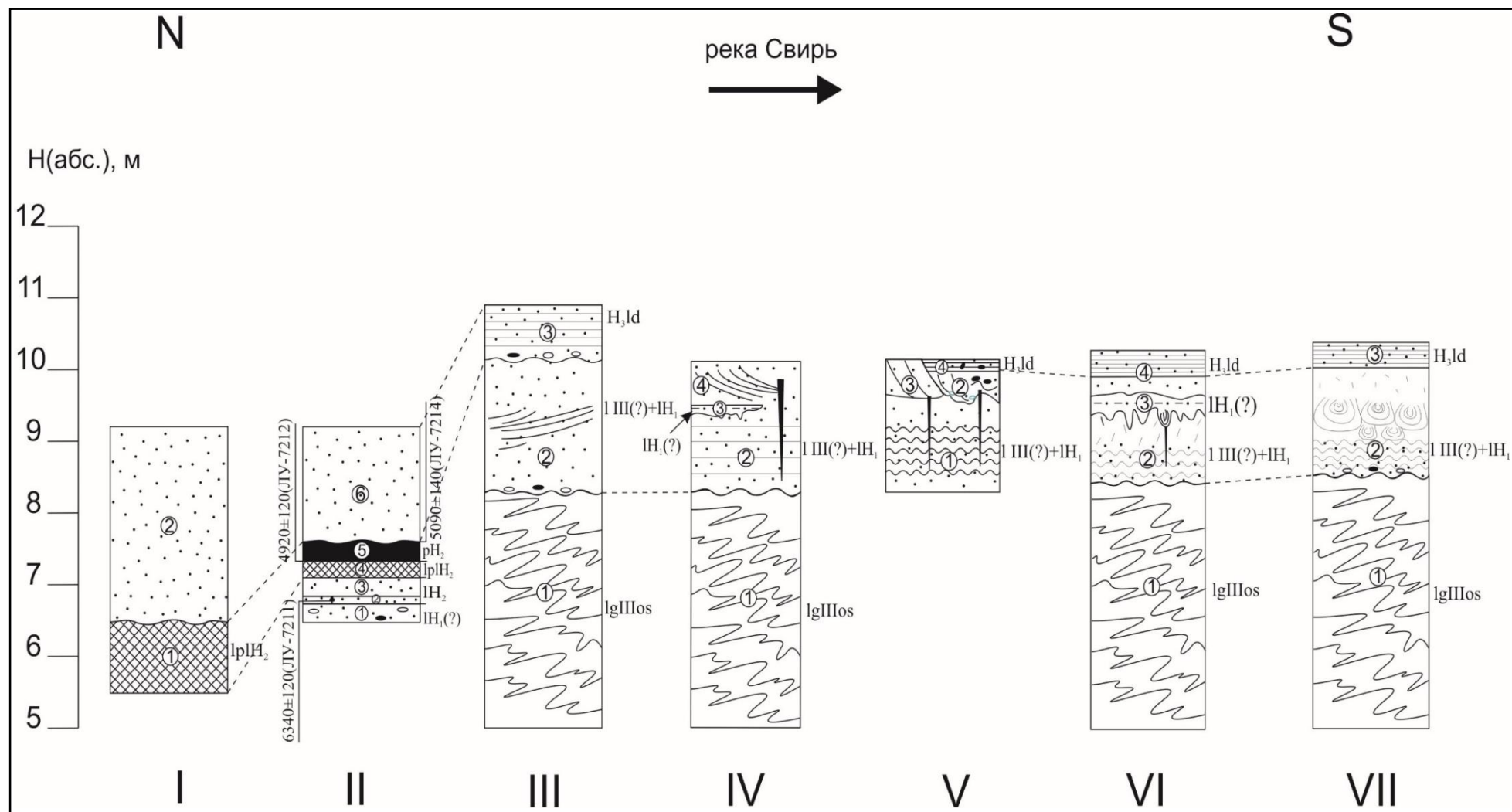


Рис. 16. Разрезы на левом берегу р. Свирь.

Разрез I. (2012_1)

От уреза воды в основании разреза залегает гиттия глинистая коричневая, видимой мощностью более 1 м. С несогласием ее перекрывает песок, мощностью 2,7 м.

Разрез II. (20 м ниже по течению от разреза I)

1. Песок зеленовато-светло-серый алевритистый с гравием и мелкой галькой (до 3 см) кристаллических пород. Видимая мощность 0,15 м. Контакт с вышележащей пачкой несогласный.
2. Песок с растительным детритом: щепками и обломками древесины. Мощность от 1 до 5 см. Взят образец 1/1 и произведена его датировка: 6340 ± 120 (ЛУ-7211).
3. Песок мелко- и среднезернистый. Мощность от 20 до 30 см.
4. Гиттия глинистая коричневая. Мощность 15-20 см.
5. Торф хорошо разложившийся, слоистый. Мощность 0,4 м. В данной пачке взято два образца для датировки: из подошвы ($1/2 - 4920 \pm 120$ (ЛУ-7212)) и из кровли ($1/3 - 5090 \pm 140$ (ЛУ-7214)).
6. Песок светло-желтый, с несогласием перекрывающий торф. Мощность 2 м.

Итог. Таким образом, в этом разрезе удастся:

1. Установить характерное 3-членное строение послеледниковой толщи района (отмеченное еще К.К. Марковым в 1934 году), в образовании которой принимают участие две бассейновые пачки, разделенные субэральными образованиями (торф, ископаемая почва). На более низких отметках они латерально замещаются гиттиями.
2. Установить возраст формирования регионально-распространённой террасы на отметках около 10 м абсолютной высоты, которая образовалась в ходе ладожской трансгрессии.
3. Связать регионально распространенный размыв, в случае отсутствия главного стратиграфического маркера – торфа, с размывом в основании отложений ладожской трансгрессии.

Разрез III. (2014 КЗ 2)

1. Ленточные глины, озерно-ледниковые ритмично-слоистые отложения. Цвет ленточных глин в первом приближении шоколадный, но при более детальном рассмотрении заметна дифференциация на коричневый и серый цвета. Мощность слойков от первых миллиметров до 1 см, при этом зимние и летние слойки плохо различаются. Нижняя часть пачки сильно деформирована: слоистость местами полностью утеряна. Видимая мощность ленточных глин до 3,3 м. Кровля пачки

размыта: местами на контакте встречается кристаллическая галька, гравий, крупный песок.

2. Песок среднезернистый косослоистый с алевритовыми прослоями, которые подчеркивают его слоистость. Слоистость в нижней части пачки представлена слоистостью ряби, выше появляется косая слоистость с единственной косой серией и однонаправленными слойками, мощностью слойков до 0,6 м. Выше песок становится по гранулометрическому составу более пылеватый и слоистость уже не видна. Мощность пачки 2,8 м. Контакт с вышележащей пачкой несогласный: в подошве пачки 3 присутствует кристаллическая галька состав пород окатанность от 1 до 5 см.
3. Песок мелкозернистый с тонкой параллельной слоистостью. Мощность 0,8 м. Коррелируя этот разрез с разрезами, описанными М.В. Шитовым в 2012 году, по положению пачки в разрезе и ее абсолютным отметкам высот, а также по связи с рельефом, можно сделать вывод, что эта пачка соответствует отложениям ладожской трансгрессии.

Разрез IV. (2014 КЗ 4)

1. Ленточные глины, озерно-ледниковые ритмично-слоистые отложения. Цвет ленточных глин в первом приближении шоколадный, но при более детальном рассмотрении заметна дифференциация на коричневый и серый цвета. Мощность слойков от первых миллиметров до 1 см (рис. 24), при этом зимние и летние слойки плохо различаются. Нижняя часть пачки сильно деформирована: слоистость местами полностью утеряна. Выше по разрезу степень деформированности пачки уменьшается и к кровле исчезает вовсе. Вышележащие слойки облекают деформированную часть и компенсируют небольшую разность мощностей. Это свидетельствует о размыве между образованием смятой и не деформированной частей пачки. Видимая мощность ленточных глин 3,2 м. Кровля пачки размыта: местами на контакте встречается кристаллическая галька, гравий, крупный песок.
2. Песок мелкозернистый с алевритовыми прослоями, которые подчёркивают тонкую параллельную волнистую слоистость. Пачку рассекает субвертикальная трещина, которая заканчивается до кровли пачки 4, при этом не пересекает пачку 3. Местами слоистость линзовидная. Мощность 0,9 м.
3. Алевро-пелитовый материал светло-фисташкового цвета. Геологическое тело представляет собой линзу. В этих отложениях наблюдаем деформации в нижней части линзы: подошва имеет неровную границу, и местами в виде вытянутых тел затекает и внедряется в нижележащую пачку, при этом затёки (внедрения) не

отделяются от самой пачки. Ниже подошвы алевро-пелитовой линзы песок теряет первичные текстуры (гомогенизирован), что связано с образованием деформаций. Мощность пачки до 20-30 см.

4. Песок мелкозернистый косослоистый. Слойки косой серии располагаются по одну из сторон трещины, при этом косая серия имеет мощность до 40-50 см и слои чуть сходятся к трещине. Такая слоистость встречалась нами не раз в паре с трещиной, а именно каждый раз мы наблюдали схожий ансамбль: слоистость расположена по одну из сторон трещины (обычно на стороне выше по течению реки Свирь), косая серия единственна и имеет мощность до 0,6 м, при этом слои сходятся к трещине почти в одной точке. Угол наклона слоев серии составляет 30° . Возможно, этот ансамбль является закономерным, и появление трещин приурочено именно к местам с таким типом слоистости. Мощность пачки 0,6-0,7 м.

Разрез V. (2014 КЗ 5)

1. Ленточные глины, озерно-ледниковые ритмично-слоистые отложения, но из-за осыпи они плохо обнажены, поэтому будем рассматривать только верхнюю часть разреза. Предполагаем, что нижняя пачка схожа с предыдущим разрезом.
2. Песок светло-желтый мелкозернистый со слоистостью ряби. Пачку пересекают две трещины. Трещина, которая идет ниже пачки 3, срезается ею, а трещина, идущая ниже пачки 2, продолжается в ней, и срезается поверхностью, выраженной в слоистости, которая перекрывает трещину, и галькой, вдоль этой слоистости. Мощность пачки 1,2 м.
3. Песок мелкозернистый косослоистый, с однонаправленными косыми слоями. Мощность косой серии до 0,5-0,6 м, косые слои однонаправлены и ориентированы по направлению современного течения реки Свирь, угол наклона слоев составляет 31° . Цвет песка чуть темнее по сравнению с пачкой 1: много вытянутых субвертикальных следов ожелезнения, длиной до 40 см (рошенштейны). Мощность 0,55-0,7 м. Контакт с вышележащей пачкой отчетливый, несогласный.
4. Песок мелкозернистый косослоистый светло-коричневого цвета. Пачка вложена в ложбину, таким образом, что с размывом прилегает к пачке 3 и имеет с ней латеральный контакт, а также имеет контакт с пачкой 2 с явным несогласием. В подошве пачки наблюдаем мелкую кристаллическую гальку (до 2-3 см) и глиняную (до 5-6 см). Подошва неровная, слегка волнистая. Мощность 0,3-0,4 м.
5. Песок мелкозернистый с тонкой параллельной слоистостью. Пачка лежит на пачке 4, и, также как она, прилегает к пачке 3. Мощность до 0,3 м.

Разрез VI. (2014 КЗ 7)

1. Ленточные глины озерно-ледниковые ритмично-слоистые. Цвет ленточных глин в первом приближении шоколадный, но при более детальном рассмотрении заметна дифференциация на коричневый и серый цвета. Мощность слоев от первых миллиметров до 1 см, при этом зимние и летние слои плохо различаются. Нижняя часть пачки сильно деформирована: горизонтальная слоистость местами полностью утеряна. Выше по разрезу степень деформированности пачки уменьшается и к кровле исчезает вовсе. Вышележащие слои обтекают деформированную часть и компенсируют небольшую разность мощностей. Видимая мощность ленточных глин до 2,8-2,9 м. Кровля пачки размыта: местами на контакте встречается кристаллическая галька, гравий, крупный песок.
2. Песок мелкозернистый с алевроитовыми прослоями, которые подчеркивают тонкую слоистость ряби течения. Мощность пачки 1,5 м.
3. Алевро-пелитовый материал светло-фиолетового цвета. В этих отложениях наблюдаем деформации в нижней части пачки: подошва имеет неровную границу, и местами в виде вытянутых (каплеобразных) тел внедряется в нижележащую пачку, при этом внедрения не отделяются от самой пачки. В синформы местами вложены мешкообразные складки (рулонные псевдонодулы). Ниже подошвы алевро-пелитовой пачки песок теряет первичные текстуры (гомогенизирован), что связано с образованием деформаций. Мощность 0,3-0,4 м.
4. Песок мелкозернистый с тонкой параллельной слоистостью. Мощность от 0,3 до 0,4 см.

Разрез VII. (2014 КЗ 007)

1. Ленточные глины озерно-ледниковые ритмично-слоистые. Цвет ленточных глин в первом приближении шоколадный, но при более детальном рассмотрении заметна дифференциация на коричневый и серый цвета. Мощность слоев от первых миллиметров до 1 см, при этом зимние и летние слои плохо различаются. Нижняя часть пачки сильно деформирована: горизонтальная слоистость местами полностью утеряна. Выше по разрезу степень деформированности пачки уменьшается и к кровле исчезает вовсе. Вышележащие слои обтекают деформированную часть и компенсируют небольшую разность мощностей. Видимая мощность ленточных глин до 2,8-2,9 м. Кровля пачки размыта: местами на контакте встречается кристаллическая галька, гравий, крупный песок.
2. Песок мелкозернистый с алевроитовыми прослоями, которые подчеркивают тонкую горизонтальную волнистую слоистость. Местами слоистость линзовидная. В 1 м от

подошвы в пачке присутствуют мешкообразные складки, вложенные одна в другую (рулонные псевдонодули), мощностью до 0,7 м. Выше деформаций в разрезе идет слой песка, утратившего структуру (гомогениты), его мощность от 20 до 30 см. Мощность всей пачки 1,9 м.

3. Песок мелкозернистый с тонкой параллельной слоистостью. Мощность от 0,3 до 0,4 см.

Разрез «Бухта». (2014 КЗ 8)

1. Ленточные глины озерно-ледниковые ритмично-слоистые. Цвет ленточных глин в первом приближении шоколадный, но при более детальном рассмотрении заметна дифференциация на коричневый (песчаный) и серый (алевритовый) цвета. Мощность слоев от первых миллиметров до 1 см, при этом зимние и летние слойки плохо различаются. Нижняя часть пачки сильно деформирована: горизонтальная слоистость местами полностью утеряна. Выше по разрезу степень деформированности пачки уменьшается и к кровле исчезает вовсе. Вышележащие слойки обтекают деформированную часть и компенсируют небольшую разность мощностей. Мощность недеформированной части 0,4 м. Видимая мощность ленточных глин до 2,7-2,8 м. Кровля пачки размыта: местами на контакте встречается кристаллическая галька, гравий, крупный песок.
2. Песок мелкозернистый с алевритовыми прослоями, которые подчеркивают тонкую слоистость ряби течения. Во всей пачке, а не только на контактах, встречается кристаллическая галька, размером 1-2 см. В 1 м от подошвы в пачке присутствуют мешкообразные складки, вложенные одна в другую (рулонные псевдонодули), мощностью до 0,7 м. Деформации облекает песок, утративший текстуры (гомогениты), мощностью 20-30 см. Мощность пачки 1,5 м. Контакт с вышележащими пачками несогласный: в подошве вышележащий пачек встречается кристаллическая галька.
3. Алевро-пелитовый материал светло-фисташкового цвета. Слоистость отсутствует. Линза имеет трогообразную форму, она вложена в углубления в пачке 3, так же имеет латеральные контакты с пачкой 4. Контакт с пачкой 2 несогласный. Мощность 0,3-0,4 м.
4. Песок мелкозернистый. Пачка имеет клинообразную форму, так же как и пачка 3 вложена в углубления пачки 2, но при этом часто прилегает на пачку 3. Слоистость косая, желобообразная, повторяет форму пачки, в центре слоистость субгоризонтальна, а к границам пачки слойки сходятся. Местами слоистость повторяет не желобообразную форму, а клинообразную форму пачки.

Клинообразные тела выражаются в микро-/мезорельефе в виде плавных повышений. Мощность пачки до 1,4 м, но в среднем составляет 1 м.

5. Песок мелкозернистый с тонкой параллельной слоистостью. Мощность от 0,3 до 0,4 см.

2.3. Описание разреза на левом берегу р. Оять у деревни Чегла



Рис.17. Космоснимок участка работ с отмеченными точками наблюдения на левом берегу р. Оять

Разрезы по шурфам на левом берегу р.Оять

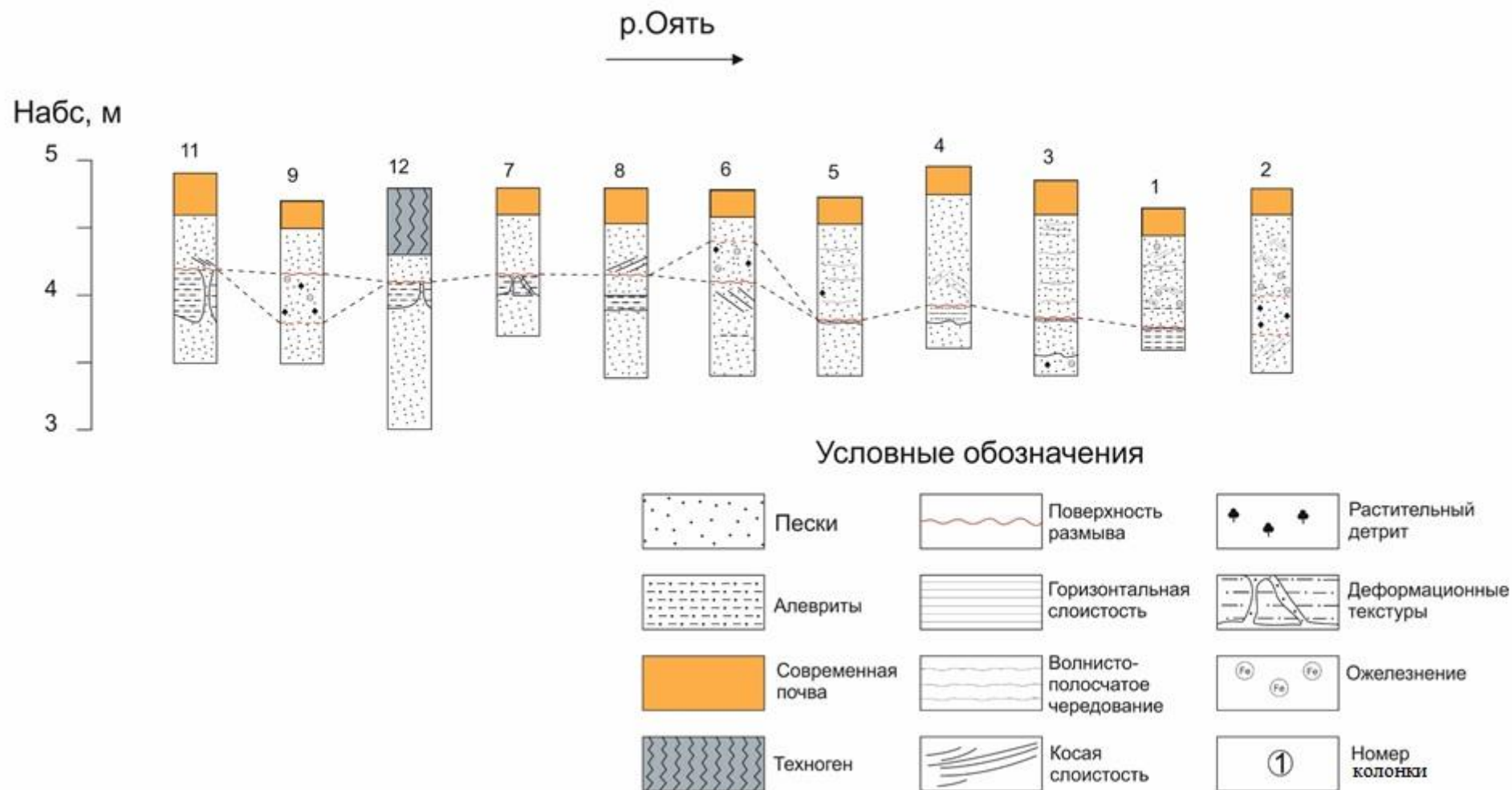


Рис. 18. Разрезы по шурфам поздне- и послеледниковых отложений на левом берегу р. Оять

Схема обнажения на р. Оять у д. Чёгла

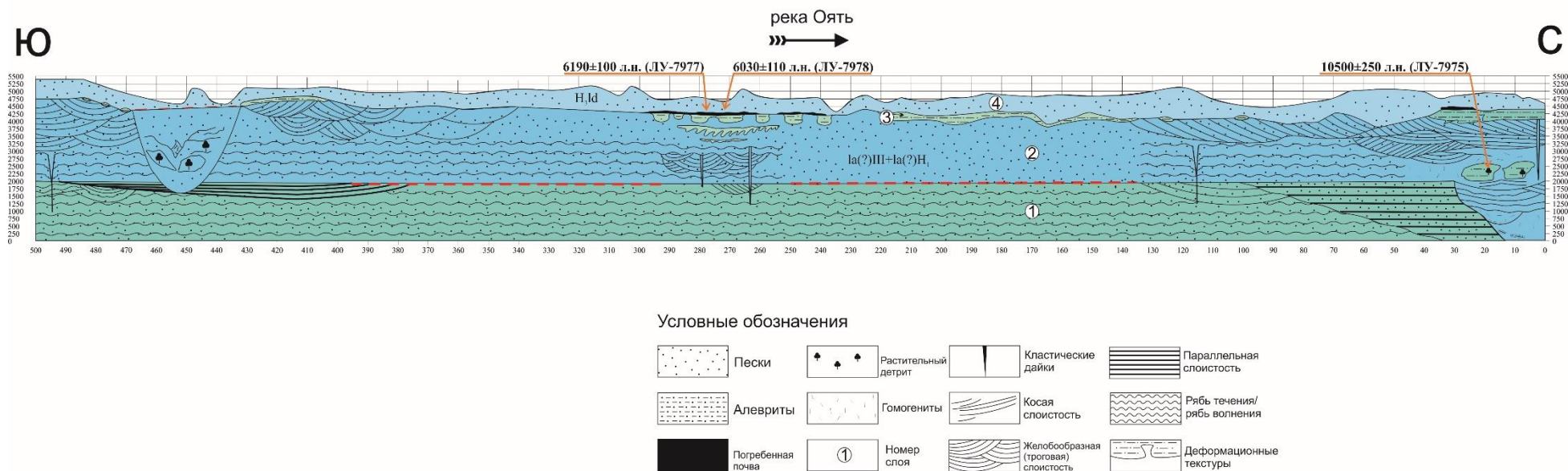


Рис. 19. Разрез на левом берегу р. Оять у деревни Чёгла, отображающий строение отложений и распространение деформационных текстур, а также их приуроченность к определенному стратиграфическому уровню

Разрез представляет береговой обрыв на левом берегу р. Оять, высота которого 8,5-9 м абсолютной высоты, общая протяженность разреза 500 м (рис. 19). Нами непрерывно прослежена верхняя часть разреза, а также проведено нивелирование основных геологических границ. Нижняя часть разреза вскрыта в серии расчисток. В литературе имеется известное описание разреза, которое отображает трехчленное строению поздне- и послеледниковой толщи (К.К. Марков, 1949, Г.Н. Лисицына, 1961). Ниже приведено наше описание, полученное в ходе полевых работ в 2015 г:

1. Песок серо-желтого цвета мелко-среднезернистый. Слойчатость представлена волнисто-полосчатым чередованием. Слойчатость маркируют алевроит и детрит. В верхней части толщи желобообразные врезы, заполненные песком. В основании желобов – алевроитовые окатыши размером до 5 см. Слойчатость песков в желобах волнистая, местами линзовидная, но при этом повторяющая форму тела. Мощность желобов (в центральной части) варьируется от 1,2 до 2 м. Кровля размыта. Ниже по течению присутствует крупный врез (размыв). Форма вреза – корытообразная, субпараллельно поверхности которого располагаются алевроитовые окатыши вытянутой формы. В целом врез сложен алевро-песчаными породами. Мощность толщи изменяется в пределах от 2 до 2,5 м.
2. Песок жёлтого цвета среднезернистый, местами крупнозернистый, с прослоями алевроитов. Слойчатость троговая, местами косая или сильно пологая косая. Пачка представлена песками подводных валов с образованием знаков ряби в межвалье. Зафиксировано большое количество хрупких деформаций: бортовые трещины, нептунические дайки, разрывные нарушения (сбросы). Толща очень изменчива по латерали. Так, в расчистке в 350 м выше по течению описаны оползневые отложения, представленные торфом. Протяженность оползневых отложений 25 м, мощность 1,5 – 2 м. Ниже по течению в пески заключены блоки (как окатанные, так и угловатые). Блоки сложены переслаиванием песка, алевроита и растительного детрита (предположительно из отложений нижележащей толщи – 10500 ± 250 л.н. (ЛУ-7975)), которые в свою очередь смяты в складки. Мощность толщи преимущественно коло 2 м, за исключением северной части разреза, где она достигает 4 м.
3. Алевроиты серо-синего цвета. Не выдержаны по мощности, максимальная мощность 0,3 м. В кровле встречаются остатки почв среднеголоценового – атлантического возраста, по которым получены две новые радиоуглеродные датировки (6190 ± 100 л.н. (ЛУ-7977) и 6030 ± 110 (ЛУ-7978)). По латерали почва

замещается слоем торфа. Погребенная почва вовлечена в деформации вместе с алевритами.

4. Песок бежевого цвета среднезернистый, первичные водноосадочные текстуры слабо выражены, местами более отчетливо видна параллельная слоистость. Контакт с нижележащими отложениями несогласный, отчетливо видна эрозионная поверхность. Мощность 0,2-0,6 м.

Глава 3. Описание морфологии деформационных текстур в соответствии с классификацией

Классификация К. Монтена (Montenat et al., 2007) в обработке Г.С. Бискэ, М.В. Шитова и И.В. Сумаревой (Бискэ и др, 2009):

I) Текстуры, связанные преимущественно с пластическими деформациями

1) Текстуры восходящего внедрения

- а) Пластические интрузии (рис.3а)
- б) Текстуры в виде языков пламени(рис.3в)
- с) Песчаные вулканы(рис.3б)

2) Текстуры нисходящего внедрения

- а) Связные и несвязные псевдонодули (рис.3г)
- б) Следы нагрузки (рис.3д)

3) Рулонные псевдонодули (рис.3ж-и)

II) Текстуры, связанные преимущественно с хрупкими деформациями

1) Кластические (нептунические) дайки

2) Разрывные нарушения (трещины со смещением и без, микросбросы и микровзбросы)

III) Текстуры, связанные с комбинацией пластических и хрупких деформаций

1) Следы дробления осадков

IV) Нарушенная слоистость

V) Гомогениты

VI) Неконформные поверхности

3.1. Пластические интрузии, водоотводные выступы, песчаные вулканы

Деформационные текстуры данного типа распространены в верхней части разреза на р. Оять, они приурочены к алевроитовому слою, выше которого залегает почва среднеголоценового – атлантического возраста, которая также вовлечена в деформации. Полученные датировки по почвам: 6190 ± 100 л.н. (ЛУ-7977), 6030 ± 110 л.н. (ЛУ-7978).

Текстуры представляют собой деформации в алевроитовой пачке, выражающиеся в разрыве алевроитового материала и внедрения гомогенизированного песка из нижележащих слоёв вверх, в результате деформируется подошва этого вышележащего слоя, часто образуются антиформные складки. При этом иногда имеется подводящий канал и грибовидная шляпа из гомогенизированного песка (Рис. 20). Во внедрениях песок близ контакта с вышележащим слоем и субпараллельно ему приобретает флюиальность.

В нашем разрезе гомогенизированные пески грибовидной шляпы перекрывается отложениями ладожской трансгрессии и имеют с ними отчетливый контакт. Максимальная высота внедрения 30 см, ширина в подводящем канале 10 см и ширина в шляпке 20 см.



Рисунок 20. Псевдонодули, погребённая почва, вовлечённая в деформации и пластичная интрузия, в разрезе на р. Оять у д. Чегла.



Рисунок 21. Пластичная интрузия, прорывает полностью слой алевритов и деформирует вышележащие почвы, разрез на р. Оять у д. Чегла.

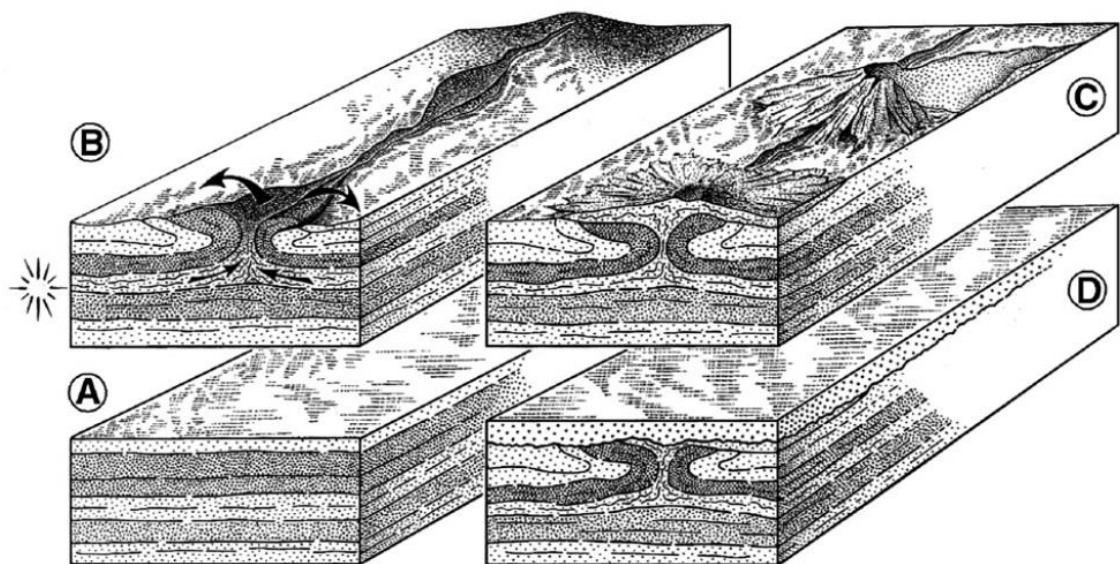


Рисунок 22. Схематическая иллюстрация образования песчаного вулкана (Montenat, 1980)

3.2. Связные и несвязные псевдонодули и «капли с хвостом»

Эти текстуры представляют собой деформации в алевритовой пачке в виде внедрений и затеков или будинированных блоков. Они образуются в результате внедрения песчанного материала вверх по разрезу (рис.24). Текстуры можно представить, как серию будин («подушек») различной морфологии, в зависимости от степени деформации. Будины могут быть разделены подводящим каналом, могут быть пережаты и иметь форму подушек, также иногда могут быть полностью дезинтегрированы от основного слоя и иметь форму капли (рис.25 б). Мощность от первых сантиметров до 40 см. Также нижележащей пачке в кровле песок утрачивает первичные текстуры (гомогенизирован), и приобретает вторичные: следы течения при образовании деформаций (флюиальность), которые параллельны нижней поверхности будин (рис.23). Иногда в одной подушке имеется вторичная слоистость, субгоризонтальная, возможно, образовавшаяся в результате движения водонасыщенного осадка (ликвифакции).

Деформации распространены в разрезах на р. Оять у д. Чегла, где приурочены к верхам разреза, а именно к алевритовому слою нижней бассейновой пачки и перекрывающим их почва. Деформационные текстуры перекрываются отложениями ладожской трансгрессии, которые в свою очередь в деформации не вовлечены (рис.25 а).



Рисунок 23. Гомогениты ниже алевритовой «подушки», погребённые почвы и водоотводный выступ, разрез на р. Оять у д. Чегла.

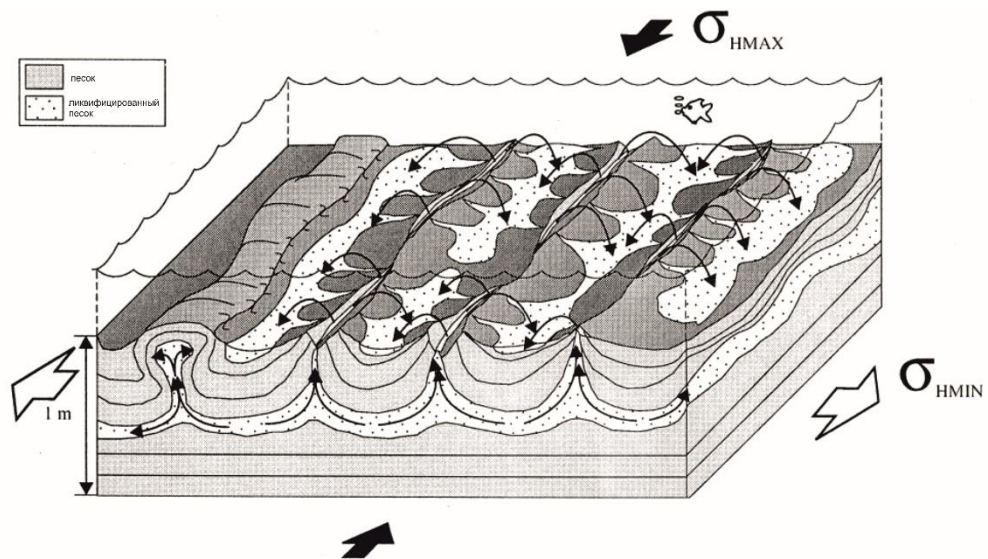


Рисунок 24. Идеализованная схема, иллюстрирующая образование подушечных текстур и распределение максимальных (σ_{HMAX}) и минимальных (σ_{HMIN}) горизонтальных напряжений (Rodriguez-Pascua et al., 2000).

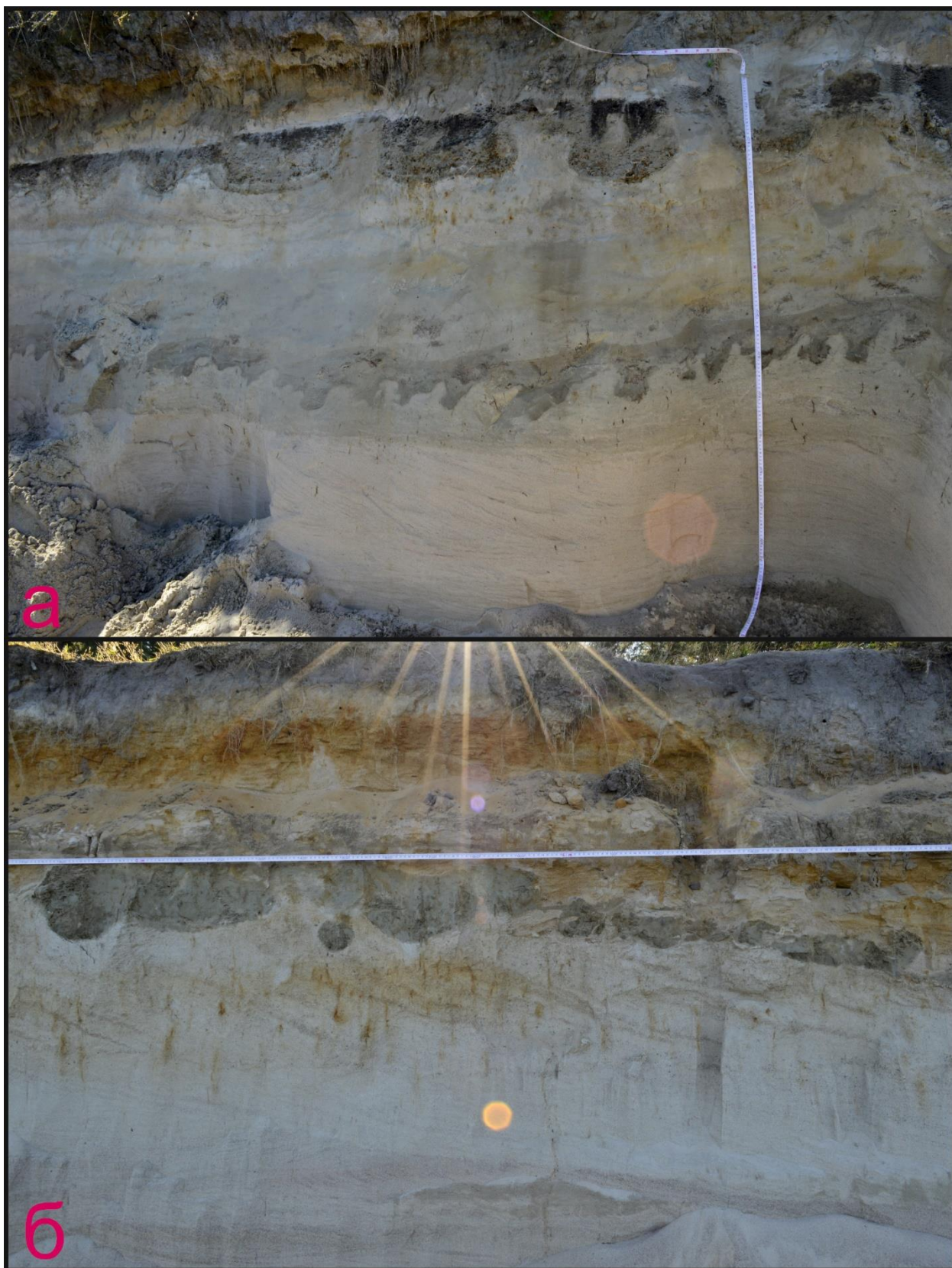


Рисунок 25. Будинированность алевритов, гомогениты, текстуры пластичного внедрения (текстуры в виде язычков пламени) и сохранившаяся первичная слоистость в песках нижней бассейновой пачки, разрез на р. Оять у д. Чегла.

3.3. Рулонные псевдонодулы

Деформационные текстуры представляют собой в разрезе мешкообразные “синформные” складки, вложенные одна в другую. Встречаются в виде комплекса складок, которые заключены в песок, утративший первичные структуры (гомогениты) и разделяются между собой неконформными поверхностями (рис.30). Текстуры данного типа образуются в результате флюидизации песчаного материала (выбросом его) вверх по разрезу и с одновременным погружением более тонкозернистого осадка вниз по разрезу (рис. 26).

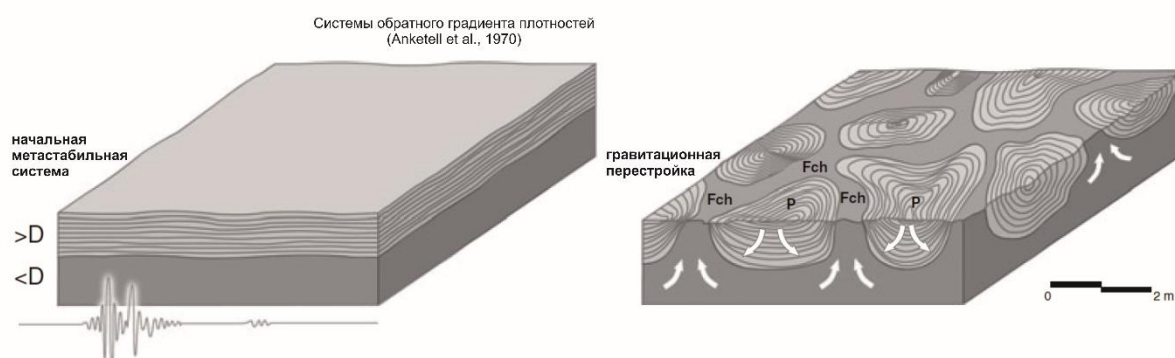


Рис. 26. Трехмерная модель образования рулонных псевдонодулей, Fch – каналы флюидизации, P – подушечные текстуры (Alfaro et al., 2010)

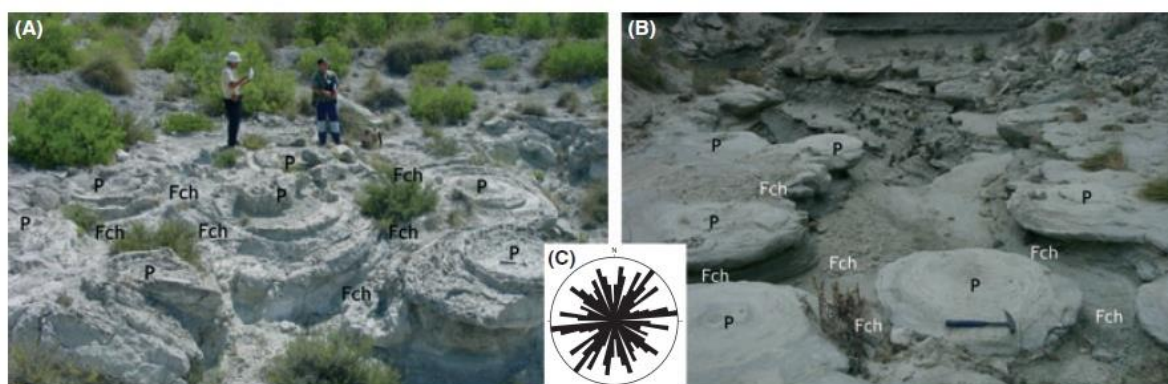


Рис. 27. Аналоги рулонных псевдонодулей в плейстоценовых отложениях Испании, Fch – каналы флюидизации, P – подушечные текстуры (Alfaro et al., 2010)

В обнажениях на р. Оять нами встречен лишь единственный экземпляр реликта рулонного псевдонодуля, находящегося в гомогенизированном песке, размерами 9*12 см (Разрез 9 в шурфе). В разрезах на р. Свирь в урочище «Кирпичный завод» рулонные псевдонодули широко распространены. Общая мощность комплекса (под комплексом подразумеваются рулонные псевлонодули нескольких генераций, которые разделены неконформными поверхностями и гомогенитами) до 1 м, максимальная мощность отдельных псевдонодулей до 0,8 м. Рулонные псевдонодули встречаются в нижней бассейновой пачке, сложенной параллельно переслаивающимися песками. Деформации

встречаются в разрезах VII и «Бухта». В разрезе «Бухта» комплекс рулонных псевдонодулей составляет непрерывный ряд, протяженностью до 35 м (рис.29). А в разрезе VII рулонные псевдонодули достигают максимальную мощность из изученных обнажений (до 0,8 м) (рис.28). При этом имеется датировка по растительному детриту из нижней пачки к которой приурочены деформационные текстуры. В разрезе «Бухта» имеется слой в нижней бассейновой пачке, срезающий деформационные текстуры, именно из растительного детрита в этой слое и была получена радиоуглеродная датировка 11810 ± 100 л.н. (ЛУ-5873). В разрезе на р. Свирь напротив острова Конев деформационных текстур типа рулонные псевдонодули нами встречено не было.

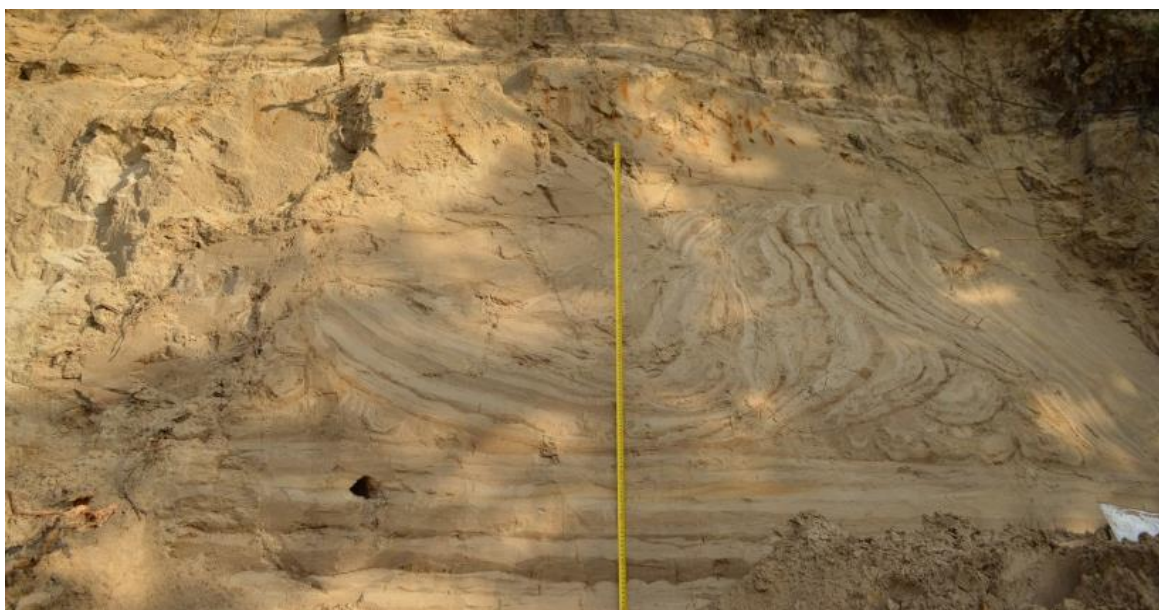
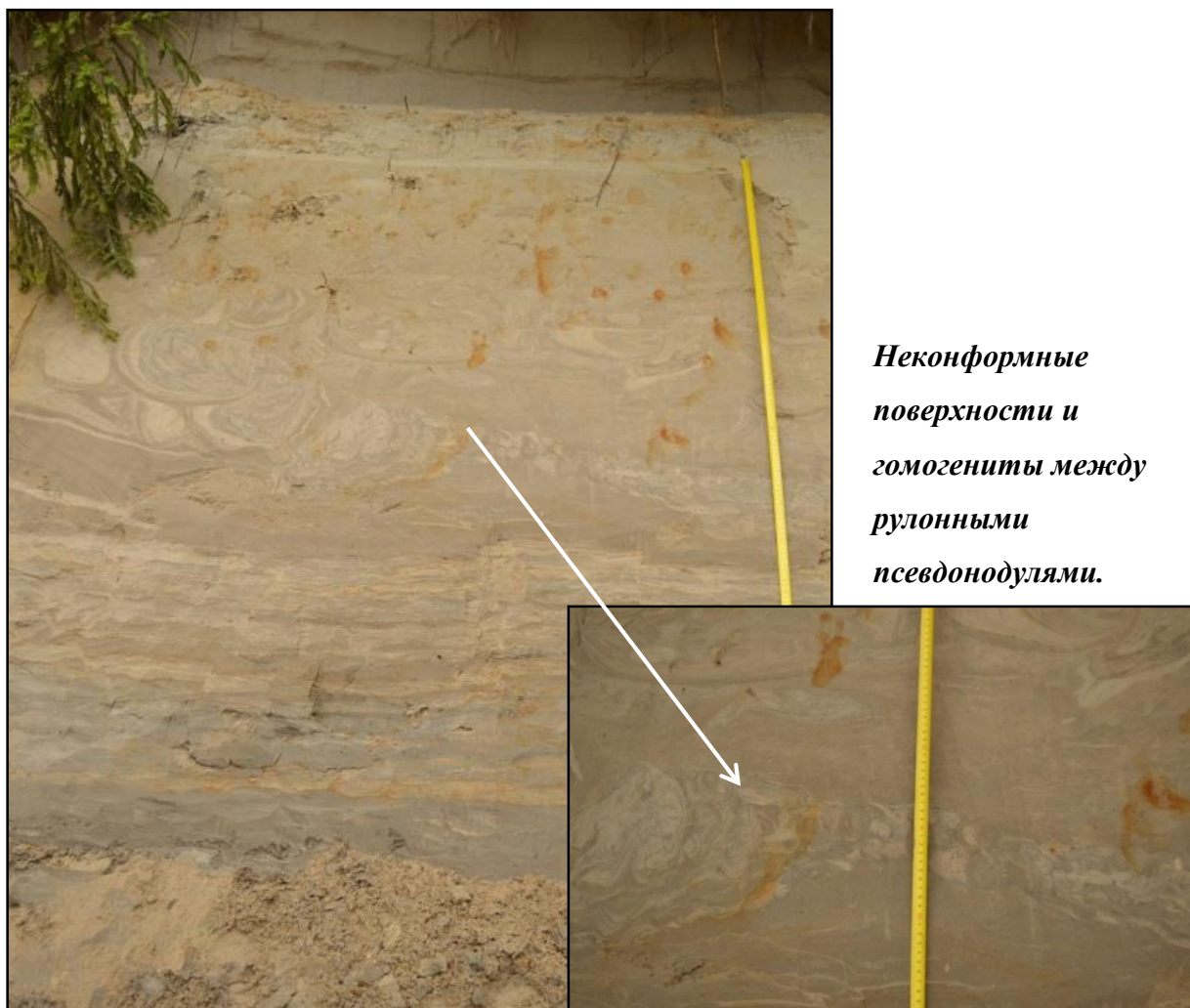


Рис. 28. Рулонные псевдонодули. Разрез VII, левый берег р. Свирь.



Рис. 29. Фото комплекса рулонных псевдонодулей, протяжённостью до 35 м. Разрез «Бухта», левый берег р. Свирь.



*Неконформные
поверхности и
гомогениты между
рулонными
псевдонодулями.*

Рис. 30. Фото рулонных псевдонодулей. Разрез «Бухта», левый берег р. Свирь.

3.4. Кластические (нептунические) дайки

Кластические дайки и трещины, которые образовались в результате заполнения пустот материалом сверху - нептунические дайки (neptunian dykes) (по Р.Г. Гарецкий).

Нептунические дайки встречаются во всех описанных нами разрезах: на р. Оять у деревни Чегла, на р. Свирь в урочище «Кирпичный завод» и на р. Свирь напротив о. Конев. в нижней бассейновой пачке и перекрываются отложениями ладожской трансгрессии. Заполнение песчаное или песчано-алевритистое. Мощность варьируется от 1 до 2 м. Смещение крыльев не характерно для данных трещин. Вдоль устьев кластических даек идут многочисленные ступенчатые сбросы, которые отчётливо видны благодаря горизонтально-волнистой слоистости в песках (рис.31). Во вмещающих породах вдоль даек также наблюдаются многочисленные микросбросы, амплитудой первые см. В верхней части устья одной из трещины имеется кристаллическая галька. Ориентировка трещин различная: 220, 276, 210, 218, 325, 300 градусов с. ш. Хрупкие

деформации этого типа часто встречаются одновременно с вышеперечисленными пластичными деформациями, образуя, даже, определенные закономерности.

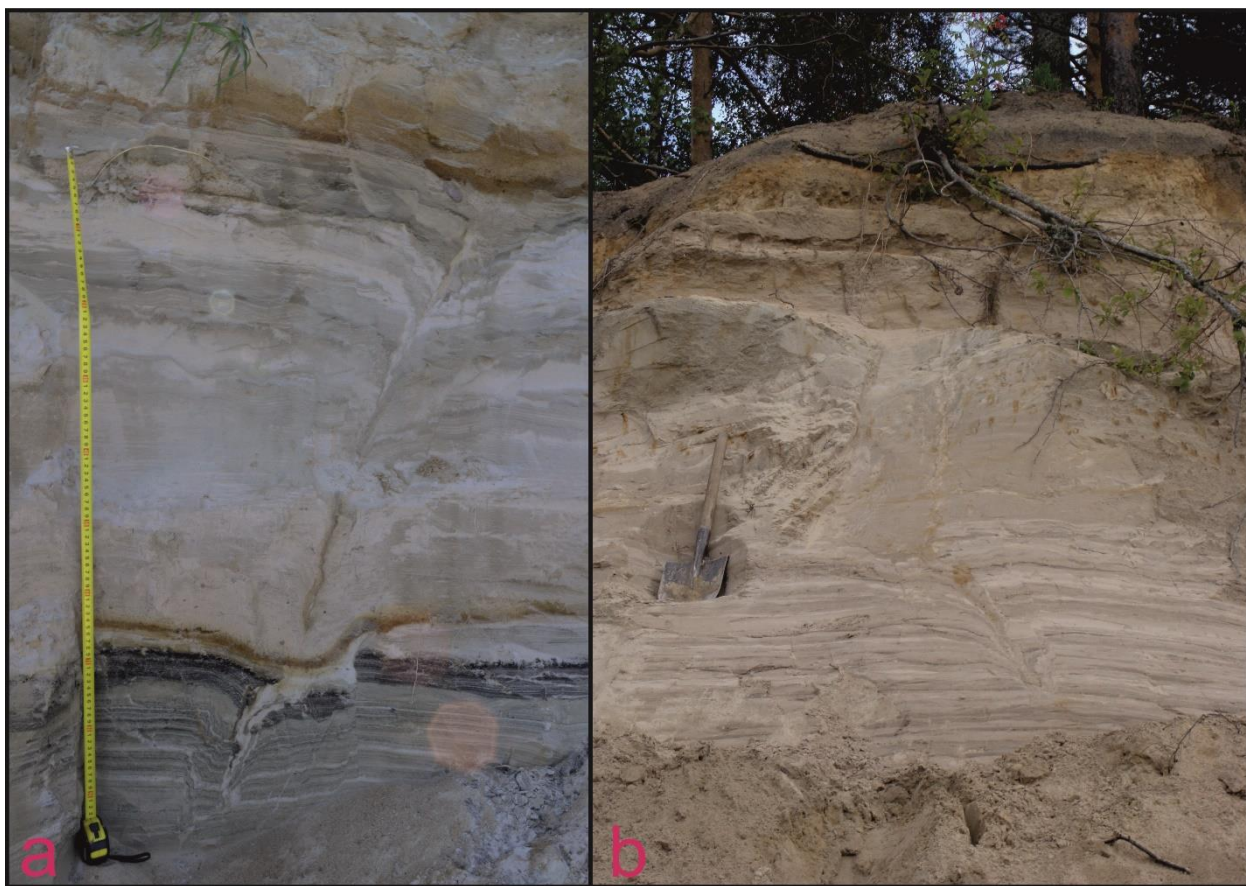


Рисунок 31. Нептунические дайки: а) разрез на р. Оять (нижняя бассейновая пачка)
б) разрез на р. Свирь в урочище «Кирпичный завод» (нижняя бассейновая пачка)

3.5. Микросбросы и микровзбросы

Микросбросы и микровзбросы не встречаются отдельно, а сопровождают другие деформационные текстуры: например, генерацию деформаций в алевритах (псевдонодулях) или нептунические дайки. Ступенчатые сбросы вдоль устья даек (трещин) и микросбросы во вмещающих породах в наших разрезах являются скорее правилом, в отличие от взбросов, которые встречаются значительно реже, и имеют более сложный характер образования. Встречаются во всех разрезах в нижней бассейновой пачке. Особенно распространены в разрезе на р. Свирь в урочище «Кирпичный завод», где пачка, к которой приурочено распространение деформационных текстур, делится на две части: в нижней части сохранившиеся первичные водноосадочные текстуры с разрывными нарушениями, а в верхней части пластичные деформации типа «рулонные псевдонодули»



Рис. 32. Фото разрывных нарушений в разрезе на р. Свирь в урочище «Кирпичный завод»: а) «минигорст» б) взброс

3.6. Следы дробления осадка (автокластические брекчии)

Данный тип деформационных текстур был нами описан в разрезе на р. Оять напротив о. Конев в нижней пачке, в кровле которого залегает торф (атлантик-суббореал). Автокластические брекчии образуются в результате дробления осадка без его значительных перемещений, при этом все сопровождается отжатием поровой воды (рис. 33). В результате первичные водноосадочные текстуры разрушаются и отложения становятся хаотично смятыми, где на фоне гомогенизированного песка становятся видно только хаотично извилистые неровные и пересекающиеся линии (муаровые текстуры?) без доминирующей ориентировки. Выше по разрезу в деформации вовлечены почвы, которые будинированы в нижней части на контакте с песком. Будины представляют собой песчаный материал преимущественно окатанной формы размером первые сантиметры, которые окружены в растительный детрит.



Рисунок 33. Реконструкция образования автокластической брекчии (Gruska, van Loon, 2007)

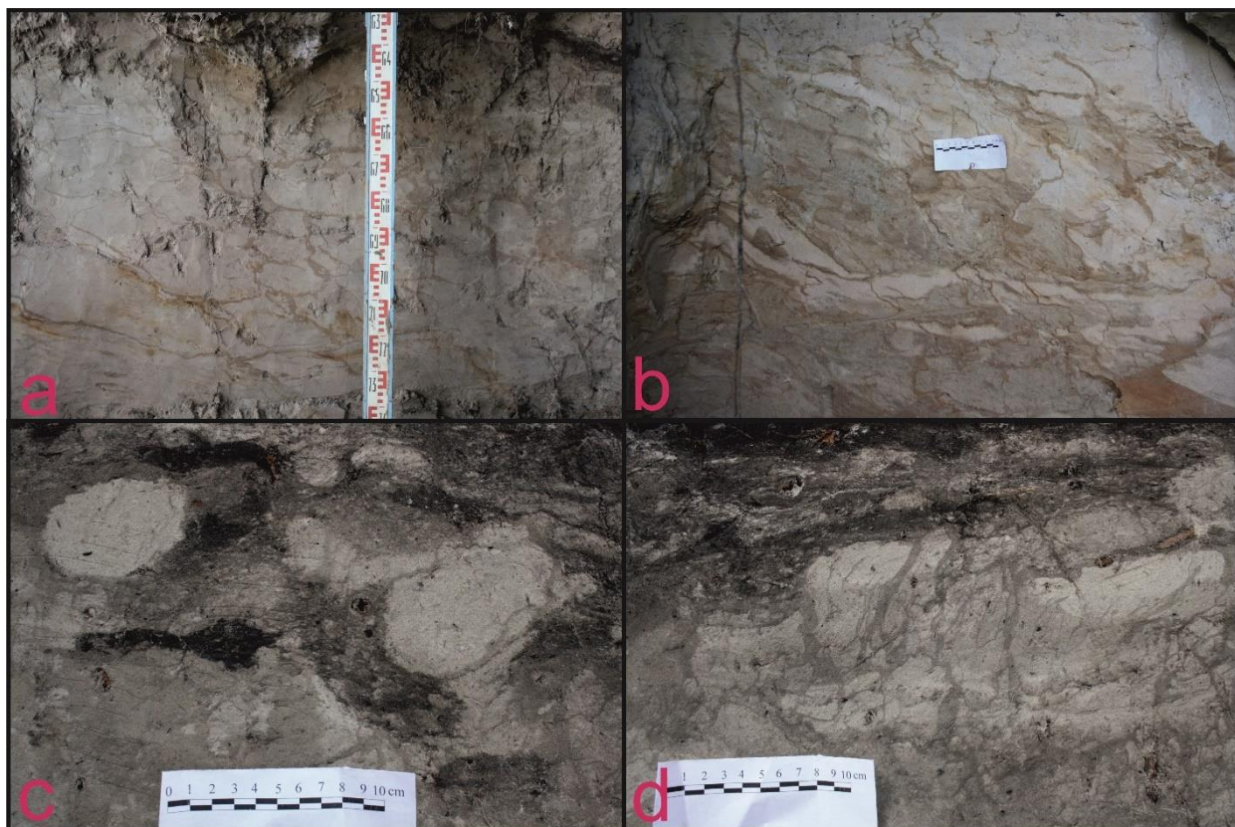


Рисунок 34. Деформационные текстуры типа «автокластическая брекчия» в верхней части разреза на р. Свирь напротив о. Конев.

3.7. Гомогениты

Гомогениты – породы, утратившие первичные текстуры. В наших разрезах гомогениты встречаются только вместе с другими деформационными текстурами. Гомогениты являются неотъемлемой частью рулонных псевдонодулей, связанных и не связанных псевдонодулей, текстур нагрузки и других типов деформаций и, таким образом, образуется закономерность взаимоотношений деформационных текстур – парагенез. Они находятся, как и между несвязными псевдонодулями, так и ниже деформаций, где их можно выделить в отдельный слой, при этом граница между гомогенитами и деформационными текстурами ярко выражена. Гомогениты также всегда встречаются со следами нагрузки и связанным псевдонодулями. Кровля пачки песков, над которой располагаются деформации, всегда гомогенизирована. Фотографии гомогенитов приведены выше с деформациями «ассоциации»: рулонными псевдонодулями, несвязными псевдонодулями, нептуническими дайками.

Глава 4. Установление связи образования деформационных текстур с палеорельефом.

Для установления наличия палеосклона, перемещение по которому алевритов пачки № 3 под действием гравитационных сил могло послужить причиной образования деформационных текстур (будинированность, гомогенизированность, водоотводные каналы), было проведено нивелирование высот по кровле алевритового слоя, венчающего нижнюю бассейновую пачку или почве, развитой на этом слое, или в случае их отсутствия по поверхности размыва на границе верхней и нижней бассейновых пачек. Такая методика выявления палеорельефа могла только усилить контрастность возможных перепадов высот, так как в качестве гипотетической поверхности палеорельефа, по которой могло происходить оползание водонасыщенного осадка, нами принята с одной стороны кровля погребённой почвы, находящейся заведомо выше поверхности палеорельефа и с другой – поверхность размыва, расположенная заведомо ниже. Из-за нерегулярной сети пунктов наблюдения высот и отсутствия априорных представлений о «доладожском» палеорельефе на приведенной ниже схеме отображена единственная изолиния, а остальные перепады высот показаны векторами, указывающими направление и градиент понижения (повышения) указанной поверхности.

На основе полученных данных построена схема палеорельефа (рис. 35), на которой вынесены высоты относительно уреза воды в сантиметрах, проведена изолиния через высоту 400 см и показаны векторами направления максимальных перепадов высот. В северо-западной части территории имеется понижение треугольной формы с минимальной высотой 382 см над урезом воды. Достоверное установление других морфологических особенностей палеорельефа западнее берега затруднительно из-за не периодичности положения шурфов. Вдоль берега отчетливо видно понижение в центральной части разреза до высоты 390 см, высота размыва по периферии 454 и 475 см. Максимальные углы наклона палеосклона составляют 1.44 градуса (63 см на 25 м), 0.6 градусов (32 см на 30 м) и 0.004 градуса (64 см на 145 м). В шурфах № 11, 12, 7, 8 (которые расположены рядом друг с другом в западной части территории) и № 5, 4, 3, 1 (которые расположены севернее и тоже выделяются в группу) вне зависимости от значения высот палеорельефа наблюдаются схожие деформационные текстуры: будинированность, наличие водоотводных каналов, гомогенизированность песка в водоотводных каналах и ниже будинированных блоков (текстур типа «шары и подушки»). В шурфах № 9, 6, 2 наблюдаем аккумуляцию размытого материала (размытый алеврит,

размытые и сильно ожелезнённые горизонты погребённых почв). Концентрированность деформаций в определённой части палеорельефа (в центральной части понижения или на периферии) не наблюдается. Будинированность блоков и наличие водоотводных каналов можно видеть, как и в центральной части понижения в рельефе (шурфы № 1, 3, 4, 5), так и по периферии (шурфы № 7, 8, 11, 12). Аналогичную ситуацию наблюдаем и вдоль берега. На основе данных нивелирования можно сделать заключение, что деформационные текстуры типа псевдонодули располагаются как в центральной части разреза, которой соответствует одна из минимальных высот размыва (430 см), так и в северной части разреза с высотой палеорельефа (454 см). При этом водоотводные каналы, возможная причина образования которых – растаскивание материала под действием гравитационных сил располагаются не на положительной форме рельефа, а на пологом склоне, что должно затруднять такой механизм образования данных деформаций.

Топографическая карта района работ



Рисунок 35. Топографическая карта района работ в верхней части рисунка и схема поверхности палеорельефа в нижней части.

Глава 5. Критерии выделения деформационных текстур как сейсмита (сейсмита против «криогенитов»).

Для того чтобы интерпретировать генезис деформационных текстур как сейсмически индуцированных были выделены критерии (приведены в главе 1).

5.1. Критерии выделения деформационных текстур как сейсмита

5.1.1. Стратиграфическая приуроченность деформационных текстур.

Деформационные текстуры, описанные на р. Оять и р. Свирь, приурочены к верхней части разреза четвертичных отложений. В результате составления разрезов и получения радиоуглеродных датировок можно сделать вывод о стратиграфической приуроченности деформационных текстур.

Р. Оять, у деревни Чегла. На р. Оять деформационные текстуры приурочены к кровле позднеплейстоцен-голоценовых озерно-аллювиальных отложений. Из блоков, содержащих растительный детрит, которые заключены в эту пачку получена датировка равная 10500 ± 250 л.н. (ЛУ-7975) (рис.36). Выше по разрезу сделано несколько расчисток в которых получилось подхватить погребенные почвы для проведения радиоуглеродного датирования по растительному детриту. В результате по почвам получилось две датировки: 6190 ± 100 л.н. (ЛУ-7977) и 6030 ± 110 (ЛУ-7978). Таким образом можно поставить верхнюю границу накопления этой толщи 6190 ± 100 л.н., а нижнюю 10500 ± 250 л.н.

Р. Свирь, урочище «Кирпичный завод». В разрезе на р. Свирь деформационные текстуры приурочены к нижней бассейновой пачке (позднеплейстоцен-голоценовые озерные отложения) и расположены во всей ее протяженности вверх по разрезу. По растительному детриту из этой толщи была получена датировка 11810 ± 100 л.н. (ЛУ-5873), выше по разрезу толщу перекрывают отложения ладожской трансгрессии, которые представлены песками и, к сожалению, не содержат растительного детрита для датирования. Тогда можно выделить только нижнюю границу, как 11810 ± 100 л.н.

Правый берег р. Свирь, напротив о. Конев. Деформационные текстуры в разрезах на р. Свирь напротив острова Конев распространены во всей мощности разреза. В отложениях этой толщи присутствуют блоки, содержащие растительный детрит (аналогично разрезу на р. Оять). по ним получена датировка 8880 ± 120 л.н. (ЛУ-8357). Выше по разрезу эту толщу перекрывает погребенная почва, переходящая по латерали в

торф. По погребенной почве получена датировка 5660 ± 80 л.н. (ЛУ-6399). В верхней части разреза залегают пески, переслаивающиеся с растительным детритом и стволами деревьев. По одному из стволов получена радиоуглеродная датировка 4560 ± 60 л.н. (ЛУ-6393). Таким образом верхняя граница этой толщи 5660 ± 80 , а нижняя 8880 ± 120 л.н.

Следуя из вышеперечисленных фактов получается, что деформационные текстуры приурочены к одному стратиграфическому уровню.

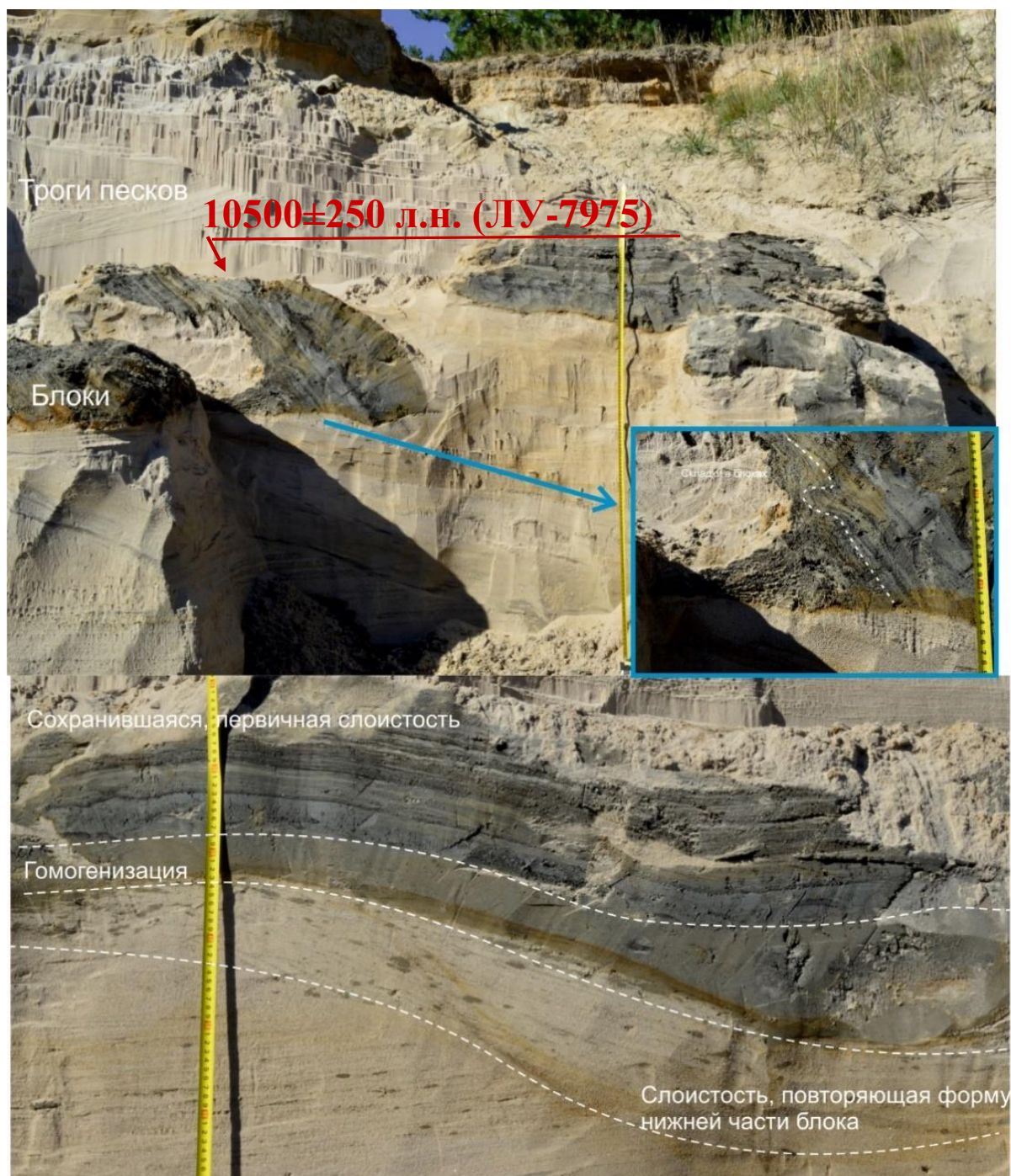


Рисунок 36. Блоки ниже по течению в отложениях нижней бассейновой пачки в разрезе на р. Оять у д. Чегла.

5.1.2. Распространенность в различных породах одного и того же стратиграфического уровня

Отложения одного стратиграфического уровня, к которому приурочены деформационные текстуры, достаточно однородны по своему составу. При этом можно выделить две принципиальные разницы приуроченности деформационных текстур к составу. Так, в разрезах на р. Оять деформационные текстуры приурочены к границе алевроитов и песков, где в деформации также вовлечены и погребенные почвы. В разрезах на р. Свирь в урочище «Кирпичный завод», деформационные текстуры распространены во всей мощности ритмично переслаивающихся отложений рулонными псевдонодулями, а на границе с алевроитами, в кровле, деформации представлены связными и несвязными псевдонодулями и текстурами нагрузки. В разрезах на р. Свирь напротив о. Конев деформационные текстуры затрагивают, как центральную часть разреза, так и кровлю этой пачки, где в деформации вовлечены не только пески и алевроиты, но и почвы. Таким образом получается, что деформационные текстуры приурочены к пескам, алевроитам и погребенным почвам, и распространены в различных породах одного и того же стратиграфического уровня.

5.1.3. Распространенность на значительных территориях при сохранении определенной стратиграфической приуроченности

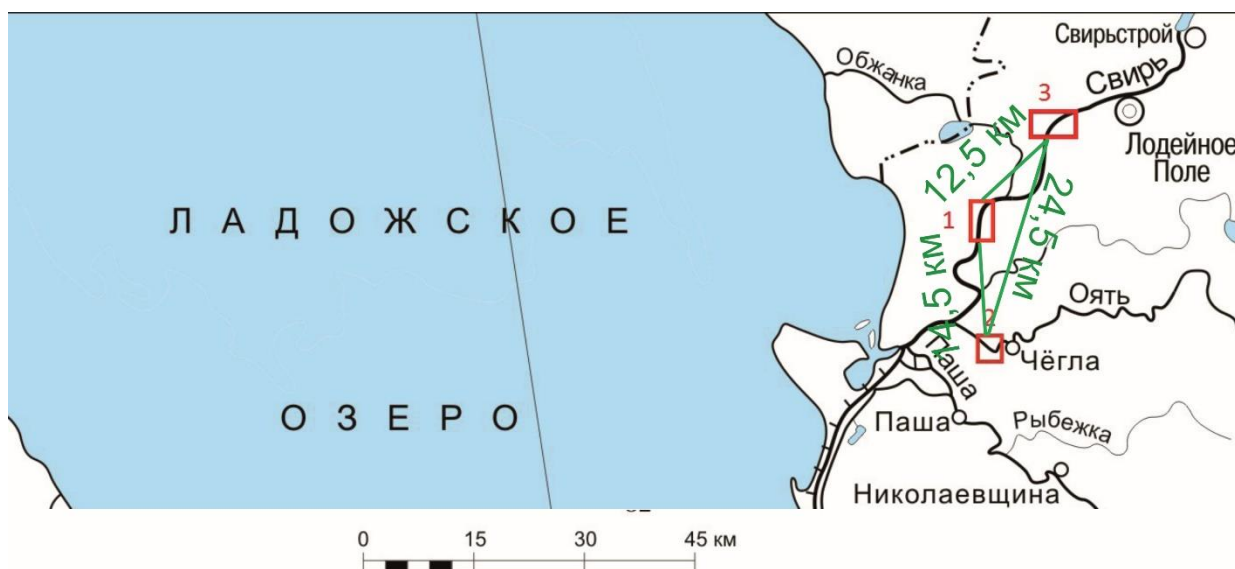


Рисунок 37. Схема расположения разрезов и расстояния между ними

Разрезы с описанными деформационными текстурами, которые приурочены к одному стратиграфическому уровню, расположены на достаточно больших расстояниях. Так расстояния между разрезами на р. Оять и р. Свирь в урочище «Кирпичный завод» -

14,525 км, расстояние между «Кирпичным заводом» и разрезом напротив о. Конев – 12,564 км, а расстояние между разрезом на р. Оять и напротив о. Конев 24,521 км (рис.37).

5.1.4. Пространственная и временная взаимосвязь различных форм подводно-оползневых явлений с нептуническими дайками, следами обвалов, перераспределения и дробления осадка

В изученных разрезах поздне- и послеледниковых отложений описаны деформационные текстуры разных морфогенетических типов. Так, были описаны нептунические дайки, которые встречены почти во всех разрезах. Следы нагрузки, текстуры, образованные в результате внедрения материала, а также различные подводно-оползневые явления (оползень с торфом в разрезе на р. Оять, блоки в оползнях на р. Оять и р. Свирь напротив о. Конев). Следовательно, в одном стратиграфическом уровне на большом расстоянии встречаются деформации совершенно разных морфогенетических типов: хрупкие деформации вместе с пластичными; деформации, которые возможно образовались в результате проявления сейсмогенного триггерного механизма вместе с оползневыми.

5.2. Участие криогенных процессов в образовании деформационных текстур

Различие между тектоническими деформациями и перигляциальными нарушениями в четвертичных отложениях является необходимым условием для интерпретации палеоклиматических условий. Комплексы деформационных текстур, которые образуются в результате сейсмического события, на первый взгляд схожи по морфологии с текстурами, образующимися в результате криотурбации. Наиболее сложным является интерпретация пластичных деформаций. В работе B. van Vliet-Lanoe (Van Vliet-Lanoe, 2004) приведен разрез, иллюстрирующий различия текстур при образовании в результате сейсмического события и в результате криогенных процессов (дегидратация, морозное пучение, гравитационное скольжение во время оттепели и др.)

На рис 38 показано образование текстур на местности с ровным рельефом и в области склона или депрессии. Так на первой части рисунка (рис. 38А) деформации показаны одного морфологического типа и схожими по размеру в сечении (высоте и длине). При наличии склона деформации менее однородны по морфологии, и на склонах образуются складки нагнетания (рис.38 Б). В нижней части рисунка показаны разрезы, в которых деформационные текстуры образовались в результате прохождения сейсмической волны и последующей ликвифакции. При плоском рельефе местности

деформационные текстуры очень разнообразны по морфологическим типам, так образуются песчаные вулканы, связные и несвязные псевдонодулы, при этом складки могут иметь осевые плоскости, падающие под небольшими углами в одном направлении (рис.38 В). Отложения, которые располагаются ниже по разрезу более компенсированного слоя, к которому приурочены деформационные текстуры, смяты в сложные складки первого и более порядка. Второй вариант – действие сейсмической волны на отложения, которые залегают на склоне или в депрессии. Тогда могут появляться водоотводные каналы, связные и несвязные псевдонодулы, отдельные подушечные текстуры, а также текстуры «капли» в центральной части понижения (рис.38 Г). В нижележащих отложениях также, как и в предыдущем варианте, будут присутствовать складки. На склонах могут развиваться оползневые отложения, которые будут сейсмически индуцированными.

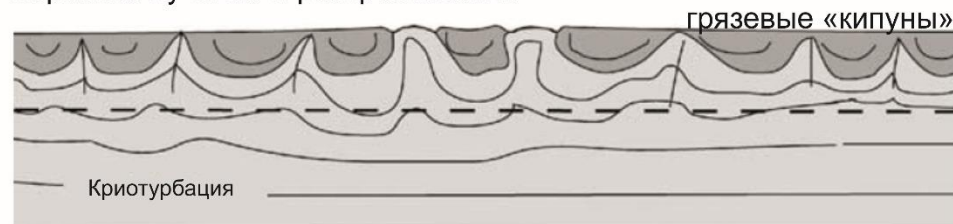
Сравнивая, деформационными текстуры и их разнообразие, которые описаны нами в разрезах на р. Свирь и р. Оять, можно провести аналогия с деформационными текстурами в разрезе В. van Vliet-Lanoe (Van Vliet-Lanoe, 2004), где они приведены как сейсмиты (рис.38 В-Г). Так, например, в разрезе на р. Оять у д. Чегла нами был зафиксирован песчаный вулкан, который присутствует в центральной части разреза В. van Vliet-Lanoe. В разрезе на р. Оять также встречены подушечные текстуры, водоотводные каналы и текстуры в виде капель отрыва (показано в центральной части разреза В. van Vliet-Lanoe (рис.38 Г)). На разрезе В. van Vliet-Lanoe (рис 38 Г), где показано образование деформационных текстур при наличии склона и депрессии в правой части показаны наличие оползней, которые также нами описаны в разрезе на р. Оять (оползень с торфом в самой южной части разреза и оползень с крупными блоками – в самой северной части разреза). Таким образом, получается, что описанные нами разрезы и деформационные текстуры, встреченные в них, имеют бóльшую морфологическую схожесть с разрезами В. van Vliet-Lanoe, которые образуются как сейсмически индуцированные (рис. 38 В-Г), нежели, в результате развития криотурбаций (рис. 38 А-Б).

Плоский рельеф местности с высоким уровнем грунтовых вод

Склон и депрессия

А

морозное пучение и растрескивание



0 1m

Б

морозное пучение и растрескивание



Криотурбация

В

Сейсмическая
ликвифакция

песчаный вулкан



складки

подушечные
текстуры

— — — — — Уровень грунтовых вод

0 0.5-5m

Г

Сейсмическая
ликвифакция



Инверсия
слоев

Водоотводные
каналы

Оползни

складки

Рисунок 38. Критерии для отличия криотурбаций и сейсмиков (Van Vliet-Lanoe, 2004)

Глава 6. Механизм образования деформационных текстур.

Деформации водонасыщенных отложений, большей частью, происходят вследствие двух процессов: ликвифакции (liquefaction) или флюидизации (fluidization). Под ликвифакцией понимают переход осадочного материала из твердой в жидкую фазу под действием давления воды в порах (Obermeier et al., 2005). Дополнительными условиями для усиления процессов разжижения в рыхлых осадках являются:

- 1) близповерхностная позиция уровня грунтовых вод,
- 2) голоценовый возраст осадков,
- 3) их быстрое накопление,
- 4) плохая связность структурного скелета,
- 5) небольшой размер зерен, характерный для песчаных разностей,
- 6) преобладание мелководных фациальных обстановок

Флюидизация часто сопровождает ликвифакцию, однако в отличие от нее всегда мобилизует материал благодаря разнонаправленному движению воды с частицами грунта. Основным механизмом, определяющим сейсмогенное разжижение и деформирование осадка, является циклическое изменение касательных напряжений, вызываемое прохождением сейсмических волн.

В результате прохождения сейсмической волны возникают колебания частиц и разрыв контактов между ними. После чего высвобождается вода, которая заполняла межпоровое пространство и отложения приобретают свойство жидкости с взвешенными частицами.

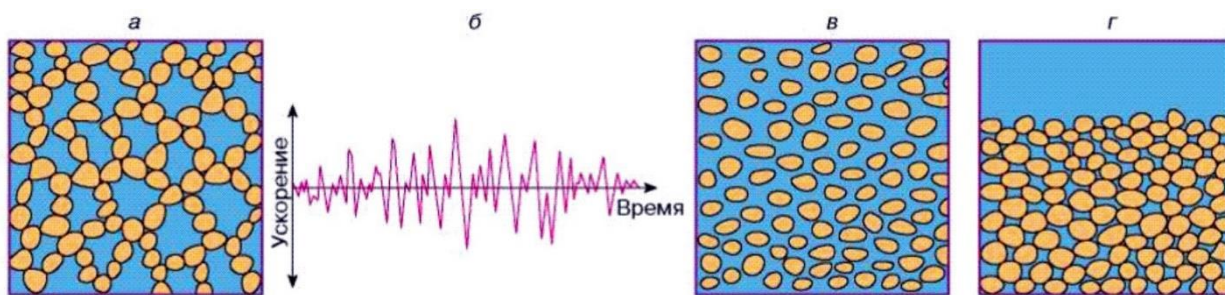


Рисунок 39. Причины и последовательность сейсмогенного разжижения грунтов, по (Вознесенский, 1998). а – рыхлый водонасыщенный песок с крупными порами до землетрясения; б – сейсмический толчок, характерная запись изменения ускорения колебаний во времени; в – момент разжижения связи между частицами грунта разорваны, и они стали взвешенными в воде; г – уплотненный песок после отжатия воды и оседания частиц

В работах Обермайера (Obermeier et al., 2005) приводятся следующие этапы преобразования осадка (рис.35):

- 1) разрушение структуры
- 2) разжижение неконсолидированного осадка
- 3) уплотнение грунта с отжатием части воды

Разрушение структуры начинается при сдвиге одного ряда частиц относительно другого, потере контактов между частицами, передаче давления от веса частиц на воду и возникновении аномального порового давления в жидкости; затем зерна грунта приобретают более плотную укладку. Циклические изменения соотношений порового и литостатического давлений, сопровождающие процессы разжижения и уплотнения грунта, приводят к флюидизации перекрывающих и, отчасти, подстилающих отложений за счет отжимания воды и взвешенных в ней частиц с формированием водоотводных каналов (water-escape structures). Основными путями миграции грязевых и водных масс (вплоть до выброса на дневную поверхность) являются трещины гидроразрыва, которые могут быть как вертикальными, наклонными, так и межслоевыми (Obermeier, 1996; Obermeier et al., 2005).

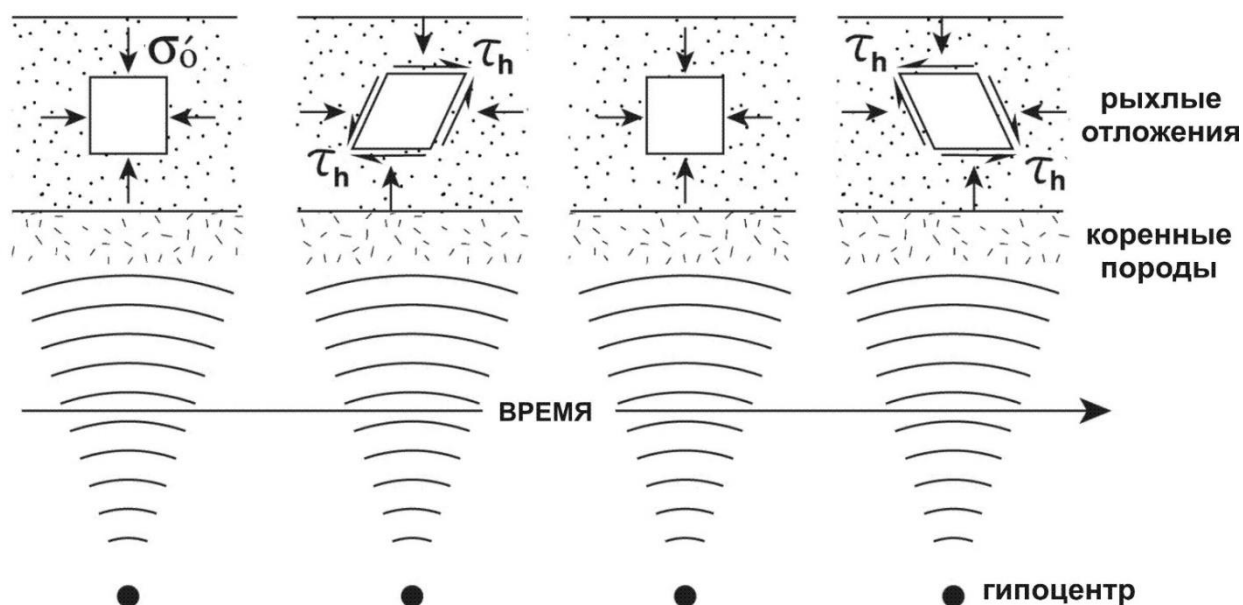


Рисунок 40. Схематичный вертикальный разрез, показывающий идеализированное изменение во времени условий нагружения в толще рыхлых отложений под действием энергии, распространяющейся вверх из гипоцентра, по (Obermeier, 1996).

Напряжения показывают предваряющее разжижение, циклическое изменение условий нагружений, первичное вертикальное эффективное напряжение, обусловленное весом вышележащих пород, индуцированные землетрясением циклические изменения касательных напряжений.

Глава 7. Параметры сейсмического события.

Для установления параметров, при которых могут появляться в отложениях деформационные текстуры, были проведено множество моделирований в лабораториях. Так, например, в 1958 году Kueneen провел первый эксперимент с моделью песок-глина (Kueneen, 1958). С тех пор было проведено множество других экспериментов с разными моделями слоев. С изменениями мощности этих слов и подаваемой энергии. И даже была установлена зависимость возникновения текстур определенного морфогенетического типа от магнитуды.

В работе М. Moretti (Moretti, 1999) описал моделирование образования деформационных текстур на цифровой виброустановке в лаборатории прикладной геофизики в Барселоне (Applied Geophysics Laboratory of U.P.C. of Barcelona (Spain)). Для этого он использовал разрез отложений мощностью 40 см, которые лежали на жестком субстрате. Для установления реалистичных параметров триггерного механизма использовалось землетрясение 17.10.1989 в Лос-Анжелесе ($M_L=7.1$, горизонтальное ускорение $0.25g$, продолжительность 15 с). Во время этого землетрясения в отложениях было сильное проявление процесса ликвификации (Moretti, 1999). В результате эксперимента была установлена зависимость длительности процесса ликвификации от размера зерен, пористости и проницаемости отложений. Как правило, в осадках с высокой пористостью и проницаемостью поровое давление после ликвификации снизилось до начальных значений в 15-20 сек. В малопористых же отложениях поровое давление остается высоким дольше (даже 30 мин), в течение которого осадок имел низкую прочность на сдвиг (рис. 41).

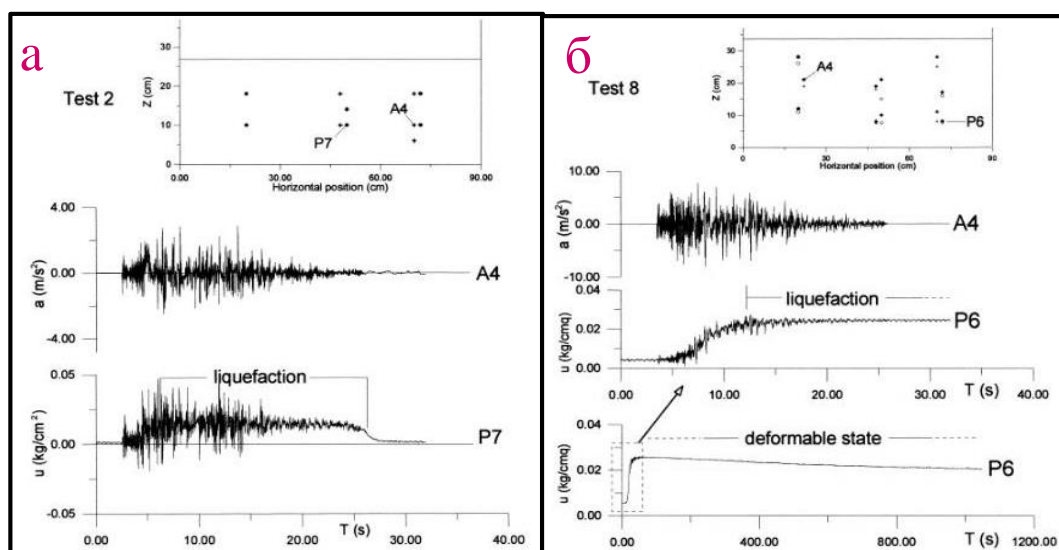


Рисунок 41. Результаты эксперимента М. Moretti (Moretti, 1999) а) высокопористые отложения б) низкопористые отложения

Деформационные текстуры, которые образовались грубо можно разредить на две группы (хотя часто они проявлены одновременно) (рис.42):

1. Текстуры водоотводных выступов
2. Текстуры нагрузки

К началу эксперимента М.Моретти уже говорит, что минимальные необходимые магнитуды для образования ликвифакции и флюидизации должны быть равны или больше пяти ($M > 5$) (Moretti, 1999).

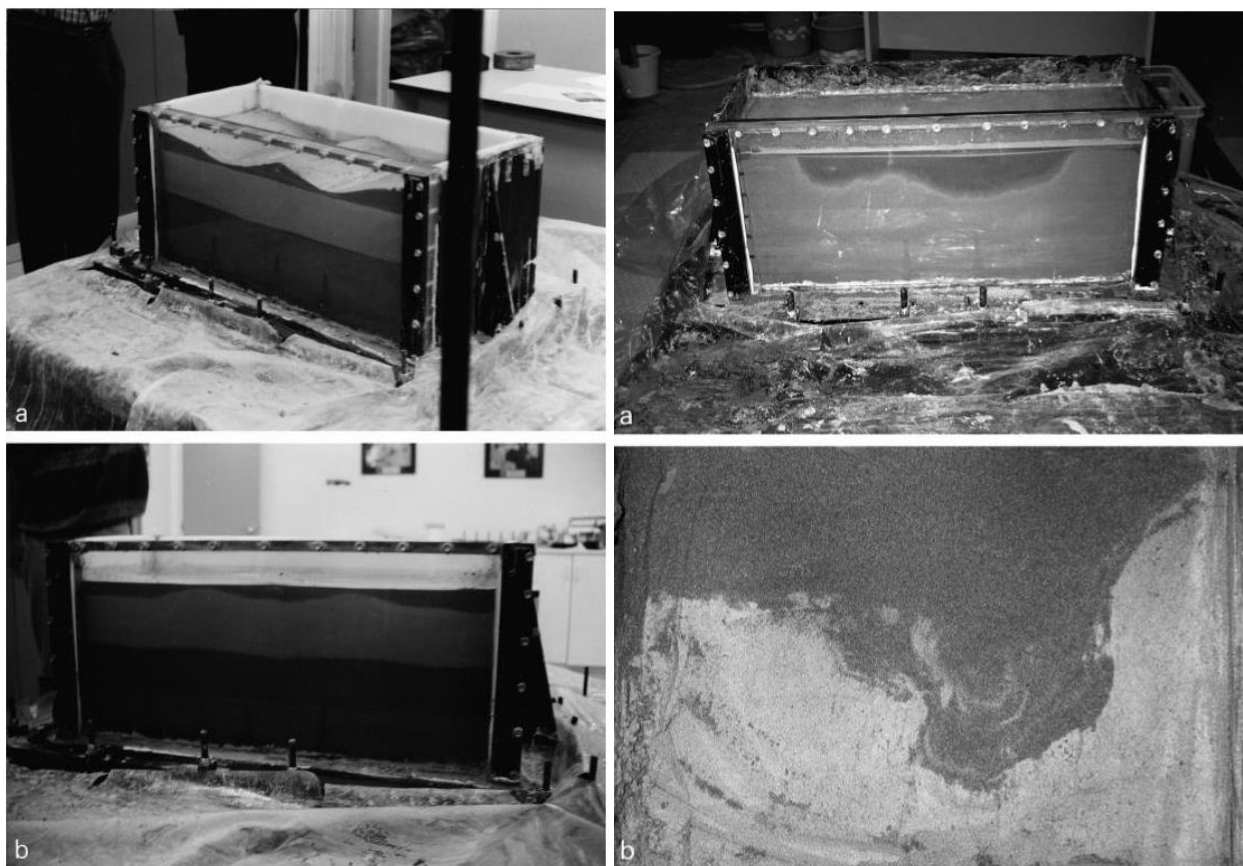


Рисунок 42. Примеры деформационных текстур, полученных в результате проведения эксперимента М.Моретти (Moretti, 1999)

В работе (Rodrigues-Pascua, 2000) составлена схема, иллюстрирующая зависимость образования морфогенетического типа деформационных текстур от магнитуды (рис.43). На схеме видно, что минимальная магнитуда при которой образуются рулонные псевдонодулы, которые в наших разрезах встречаются на р. Свирь в урочище «Кирпичный завод», равна 7. Для образования псевдонодулей, которые встречаются в разрезах на р. Оять у деревни Чегла, минимальная необходимая магнитуда равна 5, а подушечные текстуры, которые описаны в этом же разрезе, образуются при магнитуде равной 6,5-7,5. Кластические дайки, которые встречаются в разрезе на р. Свирь в урочище «Кирпичный завод» (разрез «бухта» (рис. 15)) и в разрезе на левом берегу р. Оять у деревни Чегла (рис. 19) образуются при магнитудах 5-6 (рис. 43) (Rodrigues-Pascua,

2000). Такое различие морфогенетических типов деформационных текстур, скорее всего, зависит от типа глубины палеобассейна, типа осадка (глинистый или преимущественно песчаный) и наклона поверхности палеорельефа (Obermeier et al., 2005).

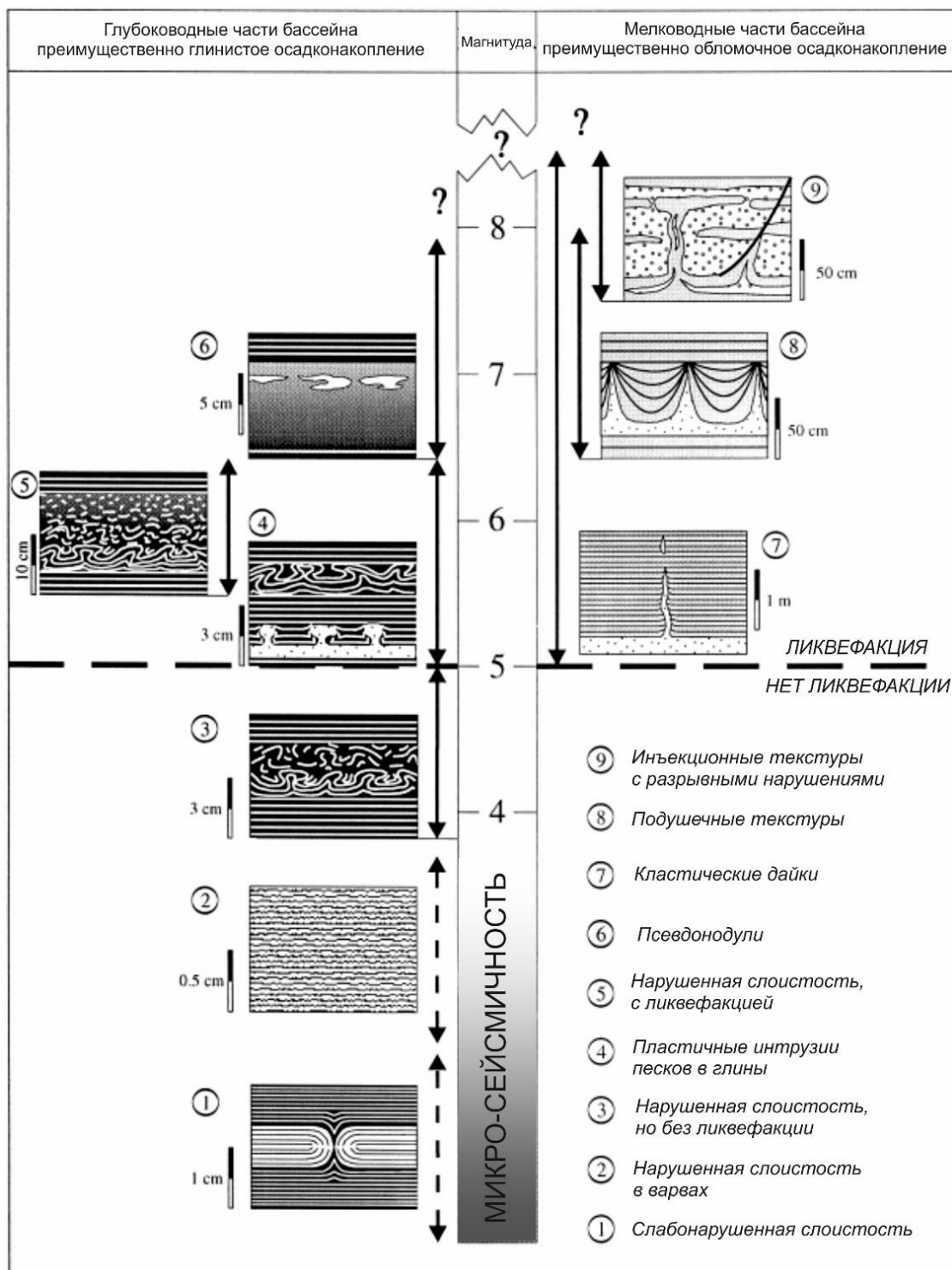


Рисунок 41. Схема, иллюстрирующая зависимость морфогенетического типа деформационных текстур от магнитуды, а также минимальную магнитуду при которой начинает протекать процесс ликвификация – основной процесс, необходимый для образования деформационных текстур, (Rodrigues-Pascua, 2000).

Расположение эпицентра ровно по середине между двумя максимально удаленными точками – маловероятно, следовательно, минимальное расстояние до эпицентра будет больше половины расстояния между крайними точками разрезов, где описаны деформационные текстуры – больше 12 км. При этом необходимо учесть, что в описанных разрезах на р. Оять и р. Свирь отсутствует затухание деформаций, очевидно, что вероятная минимальная эпицентральная дистанция составляет более 24 км.

Более точное значение о параметрах события и расположении эпицентра можно получить, ограничив область распространения деформационных текстур и изучив изменение в морфологии большего количества деформационных текстур.

Глава 8. Заключение

В изученных разрезах юго-восточного Приладожья в нижнем течении рек Свирь и Оять нами были описаны деформационные текстуры почти всех морфогенетических типов согласно классификации К. Монтена (Montenat et al., 2007): пластические интрузии, текстуры в виде языков пламени, песчаные вулканы, связные и несвязные псевдонодули, следы нагрузки, рулонные псевдонодули, кластические (нептунические) дайки, разрывные нарушения, следы дробления осадка, гомогениты и нарушенная слоистость. Основные выводы настоящей работы сводятся к следующему:

1. Изученные деформационные текстуры приурочены к одному стратиграфическому уровню, соответствующему, видимо, времени незадолго перед максимумом ладожской трансгрессии, когда уровень воды Ладожского озера уже превысил отметку 10 м абс. высоты;
2. Деформационные текстуры образуют закономерные сочетания – ансамбли пластичных и хрупких деформаций;
3. Установлено отсутствие какой-либо связи между морфологией/стилем, интенсивностью и латеральным распространением деформаций с одной стороны и с погребенным рельефом – с другой, в изученном почти непрерывно 500-метровом разрезе на р. Оять у деревни Чегла. Это позволяет отвергнуть гипотезу о подводно-оползневом генезисе деформаций;
4. Некоторые деформационные текстуры и их сочетания – ансамбли и парагенезы – в разрезах поздне- и послеледниковых отложений на реках Свирь и Оять полностью идентичны деформациям, известными по литературным данным и связанным с сейсмическими событиями. Учитывая опровержение подводно-оползневой гипотезы образования деформаций в разрезе на р. Оять у дер. Чегла, это позволяет предполагать, что наиболее вероятной причиной их образования является палеосейсмическое событие минимальной магнитудой (макросейсмической) более 5,5.
5. Для надежной параметризации выявленного палеосейсмического события необходимо проследить деформационные текстуры в латеральном направлении и установить их закономерное затухание вплоть до полного исчезновения. Это необходимо дополнить представительной серией определений абсолютного возраста в узком стратиграфическом интервале выше и ниже уровня с деформациями.

Список литературы

1. *Азбукина Е.Н.* Гравитационные нарушения в верхнечетвертичных отложениях окрестностей Ленинграда // Вестник Ленинградского Университета. Серия геологии и географии. 1966. № 6, вып. 1. С. 156-160.
2. *Бискэ Ю.С., Сумарева И.В., Шитов М.В.* Позднеголоценовое сейсмическое событие в юго-восточном Приладожье. I. Принципы исследования и деформационные текстуры // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2009. Вып. 1
3. *Верзилин Н.Н.* Многообразие следов древних землетрясений в нижнемеловых отложениях северо-восточной Ферганы // Вестник ЛГУ. 1961, №24. сс. 30–41.
4. *Верзилин Н.Н.* Следы древних землетрясений в осадочных толщах // Проблемы современной литологии и осадочных полезных ископаемых / под ред. П.П. Тимофеева. Н.: Наука. 1977. сс. 30–37.
5. *Вознесенский Е.А.* Землетрясения и динамика грунтов // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 2. –С. 101–108.
6. *Гарецкий Р.Г.* Кластические дайки // Известия Академии Наук СССР. Серия геологическая. 1956, №3. сс. 81–103.
7. *Гладков А.С., Лунина О.В.* Сейсмита юга Восточной Сибири: проблемы и перспективы изучения // Геодинамика и тектонофизика. – 2010. – Т. 1. – № 3. С. 249–272.
8. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Дочетвертичные отложения. Серия Тихвинско-Онежская. Лист Р-36-XXXIV /Яновский А.С. Москва, 1976.
9. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Четвертичные отложения. Серия Тихвинско-Онежская. Лист Р-36-XXXIV /Недригайлова И.С. Москва, 1976
10. *Лисицына Г.Н.* Вопросы палеогеографии неолита районов северо-запада европейской части СССР // Гурина Н.Н. Древняя история северо-запада Европейской части СССР. Приложение 3. М.-Л., 1961. сс. 535–579.
11. *Марков К. К.* Послеледниковая история юго-восточного побережья Ладожского озера // Вопросы географии. 1949. Вып. 12
12. *Москвитин А.И.* О следах мерзлоты и необходимости их распознавания. «Мерзлотоведение», 1947, т. 2, № 1.

13. Николаева С. Б. Складчатые деформации в позднеплейстоценовых отложениях Хибин (центральная часть Кольского полуострова): морфология и генезис // Вестник МГТУ. 2014. Т. 17, № 2. С. 329–339.
14. Палеосейсмология : в 2-х т.: пер. с англ. 2-го изд. / под ред. Д. П. Мак-Калпина. - М.: Науч. мир, 2011.
15. Рейнек Г.Э., Сингх И.Б. Обстановка терригенного осадконакопления. Пер. с англ. – М.: Недра, 1981. – 438 с.
16. Шитов М.В., Бискэ Ю.С., Сумарева И.В. Позднеголоценовое сейсмическое событие в юго-восточном Приладожье. II. Параметры // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2010. Вып. 3
17. Alfaro P., Gibert L., Moretti M., García-Tortosa F.J., Sanz de Galdeano C., Galindo-Zaldívar J., López-Garrido T.C. The significance of giant seismites in the Plio-Pleistocene Baza palaeo-lake (S Spain) // Terra Nova, 22, 2010. pp. 172–179
18. Gruszka, B., Van Loon, A.J. Pleistocene glaciolacustrine breccias of seismic origin in an active graben (central Poland). Sedimentary Geology 193, 2007. pp. 93–104.
19. Kuenen P.H. Experiments in geology: Geological Society of Glasgow Transactions, v.23, 1958. pp. 1-28
20. Montenat, C. Relation entre déformations synsédimentaires et paleoseismicite dans le Messiniene de San Miguel de Salinas (Cordilleres betiques orientales Espagne). Bull. Soc. Ge'ol. Fr. 7. 1980. 501–509.
21. Montenat Ch., Barrier P., Ott d'Estevou Ph., Hibsich Ch. Seismites: An attempt at critical analysis and classification // Sedimentary Geology. **196**, 2007. pp. 5–30.
22. Moretti M., Alfaro P., Caselles O., Canas J.A. Modelling seismites with a digital shaking table // Tectonophysics. 1999. **304**. pp. 369–383.
23. Mills P.C. Genesis and diagnostic value of soft-sediment deformation structures – a review // Sedimentary Geology. **35**, 1983. pp. 83–104.
24. Obermeier, S.F. Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis – an overview of how liquefaction features can be distinguished from other features and how their distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. // Engineering Geology. **44**, 1996. pp. 1–76.
25. Obermeier, S.F. Overview of liquefaction evidence for strong earthquakes of Holocene and latest Pleistocene ages in the states of Indiana and Illinois, USA. Engineering Geology 50, 1998. pp. 227–254.

26. *Obermeier, S.F., Olson S.M., Green R.A.* Field occurrences of liquefaction-induced features: a primer for engineering geologic analysis of paleoseismic shaking // *Engineering Geology*. **76**, 2005. pp. 209–234.
27. *Rodríguez-Pascua M.A., Calvo J.P., Vicente De G., Gómez-Gras D.* Soft-sediment deformation structures interpreted as seismites in lacustrine sediments of the prebetic Zone, SE Spain, and their potential use as indicators of earthquake magnitudes during the Late Miocene // *Sedimentary Geology*. **135**, 2000. pp. 117–135.
28. *Seilacher A.* Fault-graded beds interpreted as seismites // *Sedimentology*. **13**, 1969. pp. 155–159.
29. *Shanmugam, G.* The seismite problem. *Journal of Palaeogeography*, 5(4), 2016. pp. 318–362.
30. *Sims, J.D.* Determining earthquake recurrence intervals from deformational structures in young lacustrine sediments// *Tectonophysics* 29, 1975. pp. 141–152.
31. *Van Vliet-Lanoe B, Magyari A, Meilliez F.* Distinguishing between tectonic and periglacial deformations of quaternary continental deposits in Europe. // *Glob Planet Change*. 2004. pp.103-127